



Universitat
Autònoma
de Barcelona



2283: INTERCANVI D'ENERGIA INTEL·LIGENT

Memòria del Projecte Fi de Carrera
d'Enginyeria en Informàtica
realitzat per
Cristian González Delgado
i dirigit per
Montserrat Meneses Benitez
Bellaterra, 28 de Juny de 2010.





El sotasignat, Montserrat Meneses Benitez

Professor/a de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la UAB,

CERTIFICA:

Que el treball a què correspon aquesta memòria ha estat realitzat sota la seva direcció per en

I per tal que consti firma la present.

Signat:

Bellaterra,de.....de 20.....

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓ | 7 |
| EL CANVI CLIMÀTIC I EL CONSUM D'ENERGIA..... | 7 |
| TEMA PROPOSAT | 9 |
| BREU INTRODUCCIÓ A L'ESTAT DEL ART SOBRE LES EINES D'INTERCANVI D'ENERGIA | 10 |
| ESTUDI DE VIABILITAT DEL PROJECTE..... | 11 |
| 2. FONAMENTS TEÒRICS..... | 13 |
| XARXA D'ÀREA LOCAL (LAN) | 13 |
| CONVERGÈNCIA DE XARXES..... | 15 |
| CLIENT-SERVIDOR..... | 17 |
| GESTIÓ (PLANIFICACIÓ DE LA DISTRIBUCIÓ) | 17 |
| LES DIFERENTS POLÍTIQUES DE GESTIÓ | 21 |
| 3. FASES | 27 |
| NIVELL DOMÈSTIC..... | 28 |
| ENERGIES RENOVABLES..... | 28 |
| ENERGIES PROVINENTS DE LES BATERIES..... | 29 |
| ENERGIA PROVINENT DE LA COMPANYIA ELÈCTRICA | 30 |
| NIVELL XARXA – GESTIÓ DE DEMANDES..... | 31 |
| GESTIÓ AMB EL MODEL ENERGÈTIC BÀSIC | 33 |
| GESTIÓ AMB ROUND ROBIN | 38 |
| FIGURA 16 – TAULA RESUM..... | 44 |
| GESTIÓ AMB SJF..... | 45 |
| COMPARACIÓ DELS MODELS..... | 50 |
| 4. CONCLUSIONS | 53 |
| 5. BIBLIOGRAFIA..... | 55 |
| 6. ANNEX 1..... | 57 |
| MODEL DE XARXA CREAT PEL PROJECTE..... | 57 |
| 7. ANNEX 2..... | 63 |
| BASE DE DADES | 63 |

1. INTRODUCCIÓ

EL CANVI CLIMÀTIC I EL CONSUM D'ENERGIA

Una de les noves preocupacions de la societat, que poc a poc va prenent consciència sobre els problemes del canvi climàtic, és la manera d'adaptar-se a un nou model de vida que no sigui tan perjudicial en aquest sentit. Els experts han estat avisant durant anys sobre els possibles efectes d'aquests augments de les temperatures, però la societat no ha estat massa pendent d'aquest tema. Per desgràcia, cada vegada succeeixen més catàstrofes naturals associades al clima, que molt probablement estiguin associades amb aquest canvi.

Un altre factor, és el canvi d'actitud envers l'estalvi energètic, ja que cada vegada més, la societat en pren més consciència de que el nostre consum ha de ser més intel·ligent i respectuós.

La societat europea, sempre ha tingut el suficient ingeni per poder adaptar-se al consum dels seus habitants malgrat que no disposem de matèries primes suficients i pràcticament tot el que consumim és importat d'altres països, més del 50% de l'energia consumida en la UE prové d'altres països que no pertanyen a la Unió Europea.

El govern britànic, a partir d'uns estudis fets per uns economistes (no ecologistes), van mostrar una altra realitat que es donarà amb el pas del temps, que no només el canvi climàtic afectarà al ecosistema, sinó que també afectarà a les economies dels països que s'hagin d'adaptar als canvis (sèquies, devastació...).



Per tant, a part de prendre consciència social i responsabilitat pel medi ambient també s'està creant un mercat envers a aquest fenomen. De les mesures per controlar el canvi climàtic, estan sorgint grans oportunitats comercials, que ja mouen grans quantitats de diners.

L'actual model energètic del que disposem actualment tant a nivell domèstic com a nivell industrial, es basa en una estructura Productor - Consumidor, en la que tenim una companyia elèctrica (Productor), la qual s'encarrega de subministrar energia a tots els seus usuaris (Consumidors) mitjançant qualsevol mètode per generar energia.

Tenint en compte que l'actual model energètic depèn en un alt percentatge del petroli i altres combustibles fòssils o bé de l'energia nuclear i una part més petita però que va creixent en el temps depèn de les energies renovables (18% en 2008).

De totes maneres, només en aquest darrer any 2009, s'ha arribat a aconseguir que fins a un 30% de l'energia consumida en Espanya vingui d'energies renovables segons Red Elèctrica d'Espanya, empresa encarregada de gestionar el consum a nivell nacional.

Aquestes dades són variables, degut a que la producció d'energies renovables depèn directament de diferents factors els quals han sigut favorables aquest darrer any, com la crisi econòmica que ha fet créixer la demanda d'energia elèctrica, l'augment de les precipitacions, que en 2009 ha causat un increment d'un 126,47% d'energia hidràulica.

Encara que aquest darrer any les condicions han sigut favorables i han aportat increments sobre les dades favorables sobre la utilització d'energies renovables, cal tenir en compte que aquestes dades no es mantindran constants i que la previsió pel proper any estarà envers el 20% i 30%, sempre depenent dels factors consum i clima en general.

Aquestes dades es poden considerar com a favorables. Juntament amb Alemanya i Japó, Espanya està al capdavant en la utilització d'energies renovables.

En contrapartida, l'energia renovable també causa problemes, degut a la seva inestabilitat i dependència del clima. Per exemple, la matinada del diumenge 2 de Novembre de 2008, Red Elèctrica va desconnectar el 37% dels molins perquè no podia absorbir tota l'energia que produïen. En aquella hora, Espanya sofria un fort vendaval i no hi havia demanda suficient.

Amb l'energia provinent de sol i la hidràulica passa una situació similar, ja que resulta difícil dur un control en temps real.

Aquests tipus de situacions es repeteixen amb molta freqüència i per això es desaprofita molta energia.

Entre Espanya i França hi ha interconnexions per tal de intercanviar (compra- venda) d'energia en el cas de sobreproduccions com les comentades abans. El problema és que aquestes interconnexions només suposen un 3% de l'energia que es pot arribar a compartir.

El present projecte parteix de la base conceptual d'un nou model energètic, el qual permet un aprofitament major dels recursos dels que es disposen actualment.

TEMA PROPOSAT

L'objectiu del projecte és demostrar que és possible un model energètic d'auto abastiment per habitatges disposats en forma de xarxa. Cada habitatge produirà la seva pròpia electricitat a partir de fonts d'energia renovables i que en el cas de no poder abastir-ne el consum amb l'electricitat generada demandaran electricitat produïda a altres usuaris de la xarxa que tinguin excedent o bé de la companyia elèctrica en el cas que cap habitatge tingui excedents per cobrir-ne la demanda.

i comprovar els resultats del model amb una aplicació web creada amb la finalitat de fer una simulació d'una xarxa formada per diversos habitatges d'aquest model energètic proposat.

Aquest nou model energètic consisteix en la integració de xarxa elèctrica i telecomunicacions en la que usuaris son consumidors i a l'hora productors d'energia elèctrica mitjançant els seus propis sistemes de generació basats energies renovables, amb la finalitat d'adaptar la demanda a la oferta.

A nivell social, el projecte d'intercanvi d'energia intel·ligent té el propòsit d'incentivar la producció a nivell domèstic, amb la finalitat d'obtenir un estalvi energètic, i fins i tot, obtenir en alguns casos rendiment econòmic per part dels usuaris. Indirectament, també pretén conscienciar als

consumidors d'energia elèctrica perquè facin un consum intel·ligent i com a conseqüència beneficis pel medi ambient.

Totes les demostracions es poden comprovar accedint a la web del projecte www.energiainteligent.com

BREU INTRODUCCIÓ A L'ESTAT DEL ART SOBRE LES EINES D'INTERCANVI D'ENERGIA

Sobre la situació actual de les eines d'intercanvi d'energia, LM Data Communications concretament el doctor José Morales Barroso ha fet un estudi a nivell nacional sobre la convergència de xarxes de telecomunicacions i electricitat. A més de simulacions teòriques en les que es demostra l'eficàcia d'aquest model respecte al model actual.

Aquest estudi ha comparat el model energètic actual contra del nou model basat en la xarxa intel·ligent. L'actual model es basa fonamentalment en una única xarxa, la qual s'adapta a les necessitats dels consumidors, en la que només hi juga un paper important la companyia elèctrica, aquesta produeix i subministra en funció de la previsió del consum dels usuaris. La xarxa d'energia intel·ligent en canvi es planteja com una xarxa informàtica, en la qual tots els usuaris estan connectats entre sí. També els usuaris poden produir la seva pròpia energia elèctrica que es la poden consumir o bé compartir amb un altre usuari en cas de no ser utilitzada. Aquesta distribució ben gestionada optimitza el consum d'energia i evita dependre íntegrament de la companyia elèctrica.

La optimització dels recursos és el principal benefici d'aquest nou model, ja que s'adapta al consum en temps real i no en les previsions de consum, les quals poden fer desapropiar grans quantitats d'energia.

Aquest model energètic d'intercanvi d'energia intel·ligent no és aplicat en la actualitat, degut a la manca d'infraestructures per poder-lo dur a terme. Per tant, l'aplicació podria ser efectiva a llarg termini i substituir el model actual veient els avantatges que presenta sobre el model anterior.

ESTUDI DE VIABILITAT DEL PROJECTE

La viabilitat de l'intercanvi d'energia de forma intel·ligent encara no es podria dur a terme en la realitat tot i que els resultats de les simulacions que s'han realitzat a la teoria demostrin l'eficàcia i optimitzen els recursos energètics en un alt grau, es presenten una sèrie de impediments a l'hora de ser viable.

Un dels aspectes que caldria cobrir i és fonamental és disposar de les infraestructures necessàries per portar-lo a la pràctica.

Un altre aspecte és el de la llei que actualment existeix, la qual ens fa dependre totalment d'una companyia elèctrica, en particular una llei que obliga als usuaris a vendre els excedents d'electricitats a la companyia i no poder-los posar en disposició d'altres usuaris.

Por decreto ley 436/2004, el gobierno obliga a las compañías eléctricas a comprar la energía eléctrica producida por las instalaciones fotovoltaicas, por lo que la inversión en una instalación fotovoltaica está garantizada por ley. Además, el gobierno bonifica el kWh vendido pagándolo a **5,75 veces** el coste de compra base si la potencia instalada es menor a 100 kWp, y a **3 veces** si la potencia es mayor. Existen otras **ayudas y subvenciones estatales y autonómicas**, por lo que la inversión se amortiza rápidamente, obteniendo beneficios a muy corto plazo.

<http://www.energy-spain.com/energia-solar/fv-inyeccion-a-red>

Tot i així, es defensarà aquesta idea, ja que en un futur podria aplicar-se de forma real.



2. FONAMENTS TEÒRICS

La idea del projecte, es basa en estudiar el model energètic proposat, en part, semblant al actual. La idea, a grans trets, parteix de la base en que cada domicili pertany a una petita xarxa (un carrer, un barri, una urbanització...). Aquesta xarxa tindrà connexions entre els usuaris per tal de poder compartir l'excedent o demandar energia. Més endavant es descriurà amb més detall la xarxa, en primer lloc, estudiem en quines idees esta basada la idea del nou model.

El model es fonamenta en les següents bases teòriques:

XARXA D'ÀREA LOCAL (LAN)

La xarxa de consumidors – productors, serà una xarxa informàtica, com s'havia comentat anteriorment. Es fonamentarà en el tipus de xarxa d'àrea local (LAN).

Una xarxa d'àrea local (LAN, en anglès Local Area Network) és una interconnexió d'ordinadors o perifèrics per compartir recursos, intercanviar dades o aplicacions i estan pensades per cobrir distàncies petites com oficines, blocs de pisos o amb repetidors es podria cobrir un campus del tamany de la Universitat Autònoma de Barcelona, per exemple, per tant ho fa compatible amb el model que es proposa en el projecte.

Característiques:

Les xarxes LAN tenen unes certes característiques que la fan adient pel projecte. Destaquem les següents propietats:

- Velocitat de transmissió alta.



-La transmissió de paquets es fa per Broadcast (difusió). Aquest mètode permet enviar un paquet per tota la xarxa, i mitjançant mètodes d'adreçament, que aquest sigui recollit per la direcció corresponent.

-Simplicitat del medi de transmissió (cable coaxial, cables telefònics, fibra òptica).

Topologia:

Existeixen diverses topologies per configurar les xarxes LAN, però per dur a terme el projecte d'intercanvi d'energia intel·ligent només considerarem la topologia d'estrella (figura 1), ja que ens garanteix obtenir les condicions necessàries per la idea del projecte.

En la topologia d'estrella les estacions estan connectades directament en un node central i totes les comunicacions s'han de fer forçosament a través d'aquest node central.

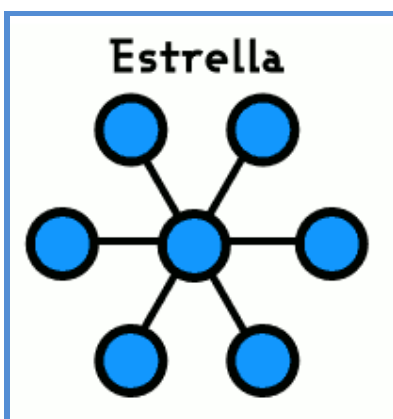


Figura 1: Esquema topologia d'estrella

Té com a avantatges que resulta fàcil d'agregar o treure estacions a la xarxa, també, si una estació falla no afecta a la resta de la xarxa i el manteniment resulta més econòmic i fàcil que altres topologies de xarxes.

Com a contrapartida, si el node central falla, això farà caure el funcionament de tota la xarxa, ja que les comunicacions entre els usuaris sempre dependran del node central.

CONVERGÈNCIA DE XARXES

És el concepte més important, s'ha de partir de la hipòtesis de que podem fer convergir dos tipus de xarxes diferents en una.

La convergència de xarxes es basa en plantejar la xarxa d'usuaris com una xarxa de computadors. Fent passar l'electricitat juntament amb la informació (no físicament, sinó conceptualment), és a dir, que a efectes pràctics a l'hora d'operar amb la xarxa, només es tindrà una única xarxa, però internament, seran dos en una, electricitat i informació. De manera que es pugui dur un control centralitzat dels consums i produccions dels diferents usuaris de la xarxa i a més, poder encaminar el corrent elèctric de la mateixa manera que si es tractés d'un paquet de dades. per tal de poder-los gestionar i de poder fer una distribució energètica més eficient.

La idea es basa fonamentalment en la unificació, en la mateixa estructura de xarxa la informació i l'electricitat, de manera que cada estació (domicili) aporti al node central les dades necessàries transmeses pel medi adient (cablejat segons convingui) i paral·lelament, la connexió amb el cablejat que transporta l'energia elèctrica, integrant xarxa elèctrica i de dades en una sola estructura.

El concepte de convergència de xarxes, és fonamental per l'intercanvi d'energia intel·ligent, ja que del mateix mode en que es comuniquen els diferents usuaris a través d'un node central, també serà possible per distribuir l'electricitat entre usuaris.

Per exemple, si un usuari demanda una quantitat extra a la xarxa a la qual pertany, el node central de la xarxa s'encarregarà de buscar un altre usuari que n'estigui produint un excés, aleshores de la mateixa manera en que es comuniquen un equip amb un altre, a través d'un router i aquest n'encamina la informació per que arribi al destinatari, es tracta de fer també un encaminador pel corrent elèctric.

Per tant, s'ha de dividir la xarxa en dos parts ben diferenciades. La part d'informació i la part elèctrica (Figura 2).

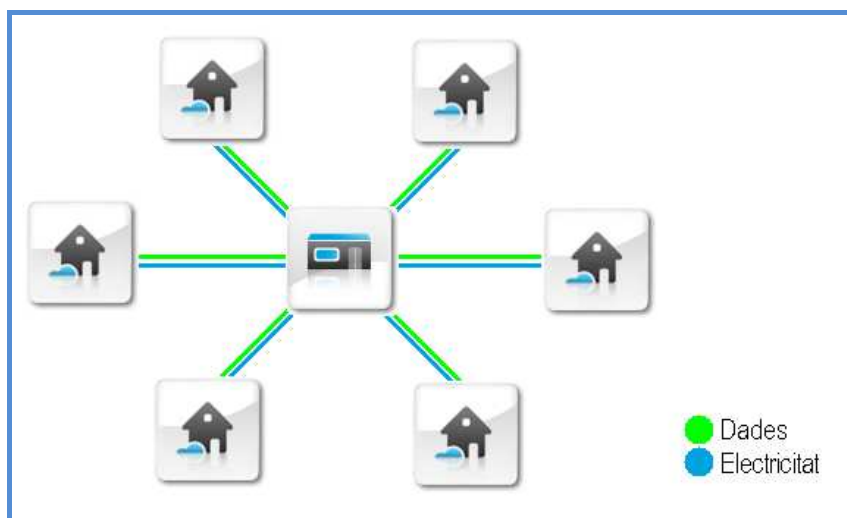


Figura 2 – Esquema convergència d'electricitat i dades

- **Part d'informació:**

D'una banda trobem la part que s'encarrega de la transmissió de la informació, serà una xarxa LAN convencional, caldrà tenir les infraestructures necessàries a cada domicili, es a dir, un terminal que gestioni cada domicili, ja que serà fonamental dur un control dels consums i produccions a temps real de cadascun.

Així, que la tasca fonamental de la part del domicili serà la de processar tota la seva informació i arribar a un estat (demanda, excés o bé estat neutre), a més de quantificar en Kw els excedents o la demanda.

El node central de la xarxa d'informació rebrà l'estat de tots els domicilis i la quantitat de demanda pertinent, la funció del node serà la de dur una gestió òptima per tal de satisfer totes les demandes i com a principal finalitat aprofitar al màxim els recursos proporcionats pels usuaris.

- **Part d'electricitat:**

Paral·lelament està la part de transmetre l'electricitat elèctrica. Aquesta xarxa ha de consistir en un encaminador que s'encarregui de fer arribar el corrent elèctric fins a un determinat node de la xarxa escollit per la part que gestiona el repartiment.

En el projecte no s'aprofundirà en aquest aspecte, ja que surt de l'àmbit de l'informàtica, i per tant contemplarem que tenim una estructura capaç de complir els requisits que s'han comentat anteriorment.

CLIENT-SERVIDOR

Fonamentalment, els usuaris fan peticions per demanar o per compartir energia segons les seves necessitats.

Amb aquesta arquitectura, es reparteix el procés entre client i servidor i s'organitza de manera centralitzada la gestió de la informació i es reparteixen responsabilitats de càlcul.

GESTIÓ (PLANIFICACIÓ DE LA DISTRIBUCIÓ)

Podem definir la planificació de la distribució com un conjunt de polítiques i mecanismes incorporats en un sistema operatiu, a través d'un mòdul anomenat planificador, que s'encarrega de decidir quin dels processos en condicions de ser executats convé ser executat en primer lloc i en quin ordre d'execució han de seguir la resta de processos. Aquest ordre s'ha d'establir sense perdre de vista el seu principal objectiu, que consisteix en aconseguir el màxim profit del sistema. Aquest profit es pot traduir en el temps d'espera dels processos, la productivitat i l'eficiència del processador.

La finalitat bàsica del projecte d'intercanvi d'energia intel·ligent és la de aconseguir una repartició de l'electricitat de la manera més eficient possible en la nostra xarxa simulada. Així que a part de la topologia en la que esta basada la xarxa d'electricitat-dades, una part fonamental i sense la qual el projecte no es podria plantejar és la encarregada de dur tot el sistema de gestió de la planificació dels recursos dels que disposa el conjunt d'usuaris(un cop gestionat internament en cada domicili i posat en disposició de la resta d'usuaris l'electricitat sobrant).

Per tal d'optimitzar el repartiment dels recursos energètics que es van generant entre els usuaris, la xarxa s'ha de gestionar establint una política de distribució, establint uns criteris i uns ordres adients per a la electricitat enlloc dels processos per establir prioritats de repartiment durant la redistribució de l'electricitat entre els usuaris.

La clau del projecte es tracta d'observar el paral·lisme que existeix entre la gestió que realitza un sistema operatiu multiusuari i la xarxa electricitat-dades que es planteja en el projecte.

Una vegada adaptat el funcionament al nou model i fent els paral·lismes adients es poden aprofitar les diverses polítiques de planificació que disposa el sistema operatiu adaptades a aquest àmbit.

Gràcies a la convergència de la xarxa de dades amb la xarxa elèctrica en una sola es poden dur a terme diverses planificacions de distribució per tal de poder gestionar el intercanvi d'energia de manera que es pugui aconseguir un rendiment més òptim que en el model bàsic creat per el projecte.

Per dur a terme les planificacions de distribució, s'ha d'entendre el repartiment de l'energia elèctrica de la manera més semblant possible a la gestió que realitzen els sistemes operatius per executar els programes en un entorn multiusuari. A continuació, es descriuran els paral·lismes existents entre els processos i l'energia elèctrica, per tal de observar el grau d'optimització que es dona en cada tipus de planificació.

Per entendre les semblances que existeixen entre el model d'execució de processos en una CPU i el repartiment de la electricitat entre els usuaris veiem com funciona primer en el cas dels processos.

PLANIFICACIÓ DE DISTRIBUCIÓ DELS PROCESSOS.

En primer lloc, cal designar una unitat bàsica, que serà indivisible i la seva funció serà la de ser executada, en aquest cas serà el procés.

Un procés és una instància d'execució d'un programa, és a dir, cada programa és un codi estàtic que vol executar un usuari. Aquest programa, ha de competir amb altres programes que han estat executats per altres usuaris, aquests programes es descomponen en parts més petites,

que son els processos, aleshores, els processos son organitzats pel sistema operatiu per efectuar-se en la CPU.

És possible que un programa sigui executat per diferents usuaris alhora en un sistema multiusuari, aleshores per cadascuna d'aquestes execucions existirà un procés amb el seu comptador de programa, registres, etc.

El sistema operatiu necessita el concepte de procés per poder gestionar el processador mitjançant la tècnica de multiprogramació o de temps compartit, de fet el procés es converteix en una unitat planificada i que es va assignant a la CPU.

En un entorn multiusuari, un procés pot tenir tres estats diferents. En execució, és a dir, que s'està executant; preparat per efectuar-se, que el procés disposa de tots els recursos per ser executat, l'únic que falta és la CPU i bloquejat, que li falta algun recurs per poder ser executat.

Per l'intercanvi d'energia, no necessitem tots aquests estats, ja que els processos tenen una sèrie d'informació pròpia de cada instància i s'estarà disputant també una sèrie de recursos entre ells. Això fa que la distribució sigui bastant més complexa que en el cas del intercanvi d'energia intel·ligent en el que només tindran que ser executats o bé estar en espera de ser executats.

Definida la unitat bàsica, cal definir els seus operadors, i qui és l'encarregat de portar-ho a terme.

En un PC, el sistema operatiu és l'encarregat de posar un ordre en l'execució dels processos per tal de poder maximitzar els recursos del ordinador.

El sistema operatiu, va assignant recursos (CPU) segons una política específica. Aleshores podríem dir que els operadors poden ser les diferents polítiques a aplicar i l'encarregat de fer-ho és el sistema operatiu.

En resum, el procés és la unitat bàsica. La finalitat d'aquest procés és la de ser executat per la CPU. Així com la finalitat de la planificació és la d'organitzar la cua dels processos provinents de diferents usuaris per poder executar per la CPU (suposant que només es disposa d'un únic processador).

PLANIFICACIÓ DE DISTRIBUCIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA.

Com ja s'ha esmentat anteriorment, existeix cert paral·lelisme entre les dos distribucions.

En primer lloc, s'ha d'establir la unitat fonamental. En la distribució d'energia com a unitat fonamental seran peticions de demanda enlloc de processos, és a dir, un domicili (Programa) podrà enviar un missatge (Procés) al node central (CPU) amb una petició d'energia (CP, Registres, etc...).

La finalitat de cada demanda, recordem que en els processos era de ser executat per la CPU, en aquest àmbit serà la de ser atesa per el node central on serà rebuda la seva petició i que la electricitat sigui encaminada fins al domicili sol·licitant.

Com a element paral·lel a la CPU, la xarxa d'intercanvi tindrà un node central, que es on aniran a parar totes les peticions i on es processaran segons la política de distribució escollida. El node central serà la part més complexa de tota la xarxa, ja que la xarxa es presenta en topologia d'estrella i per tant el funcionament correcte de la distribució dependrà principalment del node.

Així podem veure certa semblança amb un entorn multiusuari on cada usuari vol executar el seu programa (procés) i la CPU, on seran executats. En la xarxa d'intercanvi, els usuaris es correspondrien amb els programes executats per cada usuari, i el node central processarà totes les peticions dels usuaris.

L'únic concepte en comú entre els dos àmbits comparats, és el de les polítiques de distribució. Ja que la idea de trobar aquestes equivalències entre els elements és la de poder aprofitar les polítiques de gestió de processos per les peticions de demanda d'energia.

Veiem a continuació una taula on es comparen els conceptes de cada xarxa (Taula 1).

Taula d'equivalències

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| PROCESSOS | ENERGIA ELECTRICA |
| PROGRAMA | DOMICILI |
| PROCES | DEMANDA D'ENERGIA |
| SISTEMA OPERATIU | NODE CENTRAL |
| RECURSOS CPU (utilització de la CPU) | ENERGIA ELECTRICA (Kw) |
| USUARI | USUARI |
| POLITICA DE GESTIÓ | POLITICA DE GESTIÓ |

Taula 1 – Comparativa dels conceptes de cada xarxa

D'ara en endavant, ens referirem només als conceptes de l'àmbit de la xarxa d'energia intel·ligent.

LES DIFERENTS POLÍTIQUES DE GESTIÓ

Un dels motius pels quals es va plantejar fer aquest projecte, va ser la varietat de planificacions de distribució de processos estudiats en les assignatures de sistemes operatius, ja que n'existeixen múltiples opcions per poder fer gestions optimitzades segons diferents criteris, i una característica que les fa adients per aquest projecte és la possibilitat d'escollir els paràmetres pels quals volem optimitzar la execució (temps d'execució, compartiment de recursos, etc...).

S'ha de remarcar que no totes les polítiques de gestió de processos que s'apliquen en els sistemes operatius es poden extrapolar al projecte.

Com que la idea que es defensa al llarg del projecte és que existeix un cert paral·lisme entre l'àmbit dels processos i el de la gestió de la xarxa que controla la electricitat, però no sempre es pot aconseguir passar d'un àmbit a l'altre, ja que depenent de cada gestió, es basarà en diferents paràmetres per establir uns criteris de prioritats a l'hora de fer el repartiment de la CPU.

Aleshores, per realitzar l'estudi i provar de demostrar la possible viabilitat del projecte, només s'estimaran els mètodes de gestió considerats aptes per adaptar-los al projecte, la resta s'obviaran i no es tindran en compte.

Abans de decidir quins algorismes són els indicats per el projecte, veiem les mesures que prendrem per avaluar-los.

- Percentatge d'utilització de CPU.

- Rendiment (throughput): Numero de peticions per unitat de temps.

- Temps d'espera: Temps que una demanda espera per ser atesa.

- Temps de finalització: Temps que passa des de que es produeix una demanda fins que es realitzada.

En general, el que es pretén aconseguir amb els algorismes de gestió és maximitzar els primers dos paràmetres i minimitzar els dos últims.



Veiem ara la descripció d'algunes de les planificacions que poden aportar millores en el projecte i analitzem els seus avantatges i inconvenients.

CUES FIFO (FIRST IN FIRST OUT):

Aquest tipus de planificació equivaldria a no tenir planificació. Ja que l'única norma que es segueix és l'ordre en el qual arriben les peticions i serà el mateix per la seva execució (Figura 3).

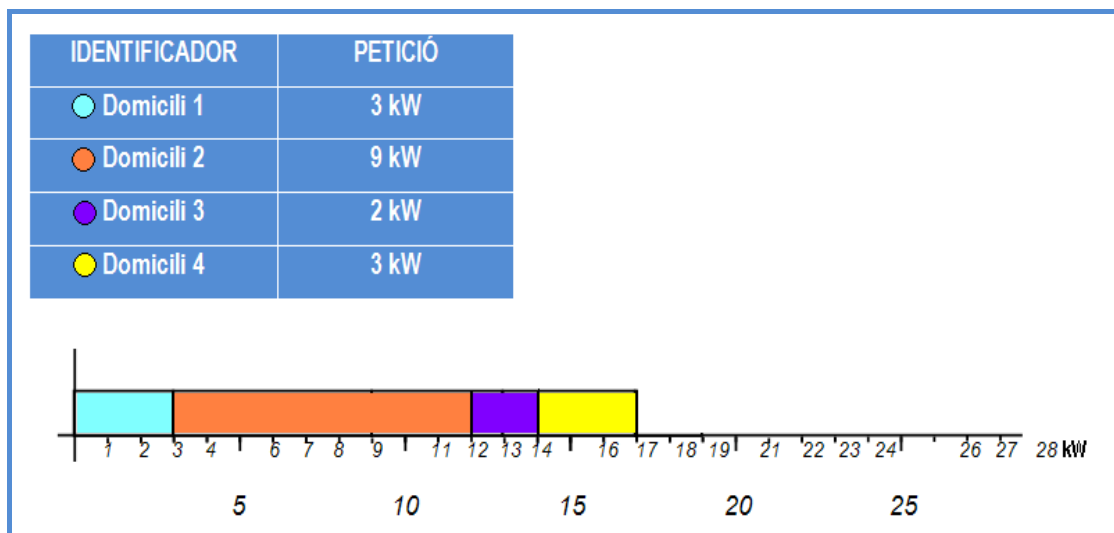


Figura 3 –

Exemple de cua FIFO

L'avantatge d'aquest algorisme és la seva fàcil implantació, ja que només es necessitaria una cua per mantenir el ordre de les peticions, però té un gran inconvenient, que és que la gestió no seria interactiva entre les diferents peticions que es van produint. Per tant d'aquesta gestió, a priori, no es pot esperar un resultat que sigui útil per fer una gestió òptima per al repartiment. Per tant no el farem servir.

Quantum 2 kW

ALGORISME ROUND ROBIN. PLANIFICACIÓ PER TORNOS.

Aquesta planificació és una de les més senzilles i equitatives utilitzades. Consisteix en crear una cua de peticions. Cada procés té un temps màxim d'execució (quantum), en la xarxa d'intercanvi

aquest temps es tradueix en KW (Figura 4). D'aquesta manera aconseguirem que les demandes més grans, no esgotin en el seu benefici tota la reserva d'electricitat de la xarxa per a repartir.

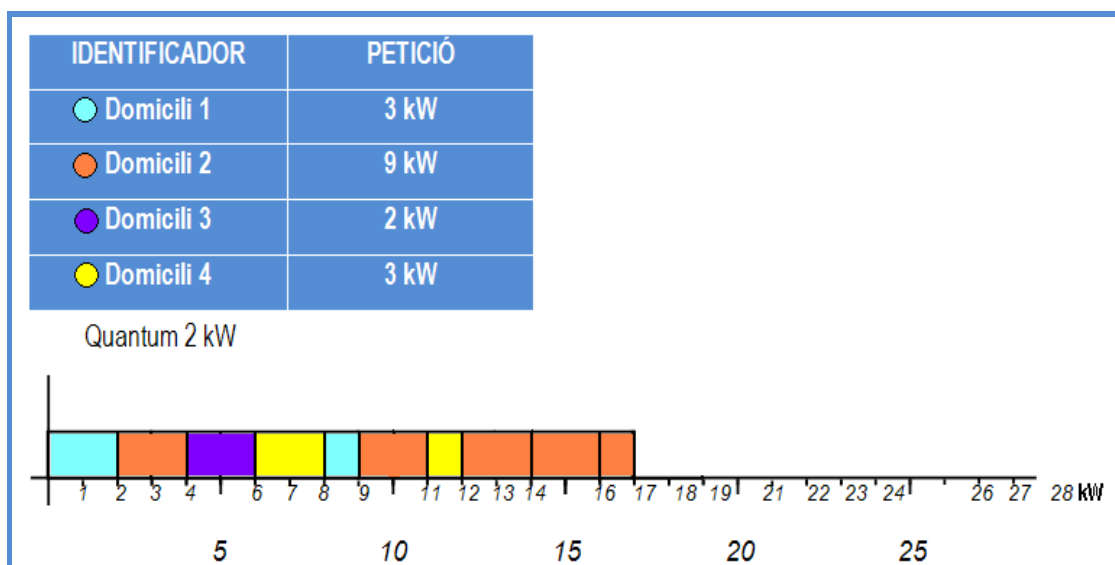


Figura 4 – Exemple de

cua Round Robin

Aleshores, la repartició dels recursos en aquesta planificació, dependrà directament del valor que se li doni al quantum.

D'una banda, si el quantum és massa gran, pot acabar esdevenint un sistema FIFO i les demandes grans, poden deixar sense executar les demandes més petites.

D'altra banda, si el quantum és massa petit, el canvi de context pot fer que la repartició trigui més temps a fer-se.

Aleshores el quantum s'haurà d'escollir en funció del context de demandes que es doni. Normalment en els sistemes operatius aquest valor s'escull dinàmicament per tal d'optimitzar el rendiment.

La planificació Round Robin es pot aplicar també a altres problemes de planificació, com pot ser la planificació de xarxes.

A les xarxes inalàmbriques, és on els diferents servidors comparteixen un mateix canal, aquest algoritme proveeix a cada servidor amb un interval regular de temps per transmetre o rebre la informació mitjançant el canal compartit.

Aquest sistema fa de la planificació Round Robin, un algoritme just, però, de totes maneres, pot ser menys eficient que “l’algoritme de proporcionalitat justa” resulta molt difícil proveir d’un bon servei als subscriptors.

L’operador de la xarxa també patirà capacitat reduïda en la xarxa. La causa principal és que aquest algoritme no té en compte el canvi de condicions de recepció en els diferents receptors, per tant planejarà transmissions en menys temps pels subscriptors quan les condicions de recepció siguin de pitjor qualitat que les habituals.

PLANIFICACIÓ PER PRIORITAT AL MÉS CURT (SJF, SHORT JOB FIRST).

La característica principal d’aquesta planificació és que a l’hora d’establir un ordre el sistema escull la petició amb la demanda menor en kW. S’estableix una prioritat en la es premia en l’ordre de repartiment als usuaris que facin les demandes mínimes.

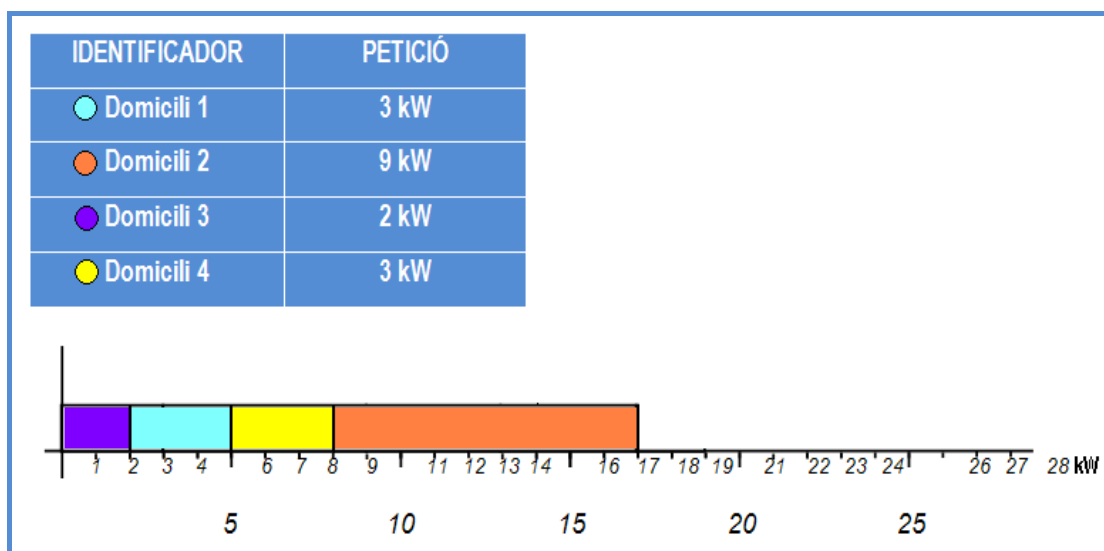


Figura 5 –

Exemple de cua SJF

L’avantatge que presenta aquest algorisme sobre els anteriors és que dóna avantatge als usuaris que facin demandes de menys quantitat al la xarxa, sent aquests els primers en rebre els excedents acumulats dels usuaris, en canvi, els que facin les demandes més grans, tindran més probabilitat de rebre electricitat provinent de la companyia elèctrica, ja que serà més probable que s’hagi repartit tota l’electricitat provinent dels usuaris, aleshores a aquests els correspondrà pagar el preu de la quantitat d’electricitat que demandin.

COMPARATIVA DE LES DIFERENTS PLANIFICACIONS

| PLANIFICACIÓ | AVANTATGES | INCONVENIENTS |
|--------------|-----------------------------------|---|
| Cues FIFO | Fàcil implementació | Resultat poc òptim |
| Round Robin | Repartició equitativa | S'ha d'escollir un valor adient pel quantum |
| SJF | Prioritat a les demandes mínimes. | Pot resultar una repartició no equitativa |



3. FASES

Una vegada explicats tots els fonaments teòrics en que es basa el projecte, serà necessari disposar d'una aplicació específica per facilitar l'anàlisi dels resultats. En aquest apartat es descriurà l'aplicació en la qual esta basada la demostració que implica tot el projecte d'intercanvi d'energia intel·ligent.

Aquesta aplicació esta creada en un entorn web, amb la finalitat de poder dur el control de la xarxa des de qualsevol punt, i a més pretén veure els resultats de l'aplicació d'una manera més amigable.

Cal mencionar abans de descriure les fases de l'aplicació, que aquesta no és un model exacte d'una xarxa de distribució d'energia, de fet, no serà necessari simular-ho amb tanta exactitud, ja que pel que es pretén demostrar en el projecte no cal crear un model perfecte, de fet és impossible crear un model real, i serà suficient amb una versió molt més simple, ja que la finalitat és la de la demostració dels resultats de les diferents distribucions.

La gran diferència a destacar entre el model real i el model creat és que el model real es tracta d'un model continu, ja que l'electricitat no es pot tractar d'una altra manera, en canvi el model del projecte treballarà amb la informació de forma discreta, ja que serà fonamental tractar les dades amb valors discrets.

Caldrà tenir en compte que l'aplicació del projecte treballarà amb valors mostrejats discrets escollits arbitràriament amb una finalitat descriptiva i no pas funcional, ja que d'aquesta ultima



manera es complicarien força les demostracions i la manera de treballar amb les eines disponibles.

En resum, s'ha creat un model estricte en el sentit del càlcul de distribucions i abstracte en el sentit de la circulació de la electricitat.

NIVELL DOMÈSTIC

Una part especial de la xarxa d'energia intel·ligent és la que pertany al domicili. El domicili en si es podria tractar com si fos una subxarxa independent de la xarxa principal. De fet, s'ha de plantejar d'una manera semblant, ja que dins d'un suposat domicili d'aquesta xarxa pot prendre qualsevol forma i això implica una distribució interna específica per cadascuna.

El projecte no aprofundirà en aquesta xarxa a nivell de domicili, però sí que tindrà present els resultats obtinguts de cadascun dels domicilis, ja que una de les bases del funcionament de la distribució seran les peticions que es van donant per part d'aquests.

S'ha de tindre en compte, que internament en un domicili es pot donar una distribució encara més complexa que en la xarxa intel·ligent, ja que dins conviuran tres tipus diferents de electricitats, dependents del seu origen (provinents de fonts renovables, provinents de bateries i provinent de la companyia elèctrica).

Dins de cada domicili hi pot haver-hi qualsevol combinació de les energies següents.

ENERGIES RENOVABLES

Aquestes energies són les provinents de dispositius instal·lats en els domicilis, la funció dels quals és la d'aprofitar diferents fenòmens atmosfèrics per produir electricitat.

S'ha de contemplar que hi ha diverses maneres d'obtenir aquests tipus d'energia, com per exemple, amb la llum provinent del sol, amb plaques solars, o amb la força del vent, mitjançant molins eòlics. També existeixen altres mètodes, però aquests per el moment, són els més viables de instal·lar a nivell domèstic.

Les característiques que s'han de tenir presents sobre aquest tipus d'energies per el projecte són les següents:

| | |
|----------------------|--|
| <u>Inesgotables.</u> | Es tracta de fonts d'energies renovables, i la gran virtut que tenen és que les podem obtenir de forma il·limitada i sense cap cost econòmic i ens assegura que la seva obtenció no ha tingut cap impacte mediambiental. |
| <u>Variables.</u> | Al ser energies que depenen del clima i del entorn, no es pot dur un control sobre els moments en que es produeix. Això fa que no es pugui dependre totalment d'aquestes fonts per produir energia. |

ENERGIES PROVINENTS DE LES BATERIES

Les bateries són un recurs que es pot aprofitar quan hi ha una sobreproducció d'electricitat amb les energies renovables per tal d'emmagatzemar l'excés d'electricitat generada en certs moments.

Les característiques que s'han de destacar són:

| | |
|---------------------|---|
| <u>Acumulatives</u> | Un factor important de l'electricitat és que tal com ens arriba, s'ha de consumir, ja que la seva producció i consum s'ha de fer en temps real. Però amb les bateries, es pot acumular una certa quantitat d'energia en moments en els quals se'n té una sobreproducció d'electricitat, amb la finalitat d'utilitzar-la en moments en el que passa tot el contrari, és a dir, que la producció de les renovables no pugui cobrir tot el consum. |
| <u>Capacitat</u> | Un contra de les bateries, és la seva capacitat, ja que és limitada, i no serà efectiva per cobrir períodes de consums llargs o de grans quantitats. |

ENERGIA PROVINENT DE LA COMPANYIA ELÈCTRICA

La dependència al cent per cent de les energies renovables no ens permetria gaudir d'un model mínimament eficient, per tant com a base, encara es manté la forma tradicional de subministrament energètic. En el model d'intercanvi d'energia intel·ligent es dependrà de la companyia elèctrica sempre que les altres energies no siguin capaces de satisfer totes les demandes dels usuaris.

Les característiques que cal destacar són:

| | |
|--------------------|---|
| <u>Fiabilitat.</u> | És una font energètica de la qual es pot obtenir electricitat en qualsevol moment. |
| <u>Impacte.</u> | Aquesta electricitat provinent de la companyia elèctrica, sabem que el seu origen no es provinent de fonts d'energia renovables al 100%, i ja que l'objectiu del projecte és el de promoure aquest tipus d'energies obtingudes a través de fonts renovables que no tenen impacte mediambiental, sempre es procurarà tenir tendència a utilitzar energies de les quals en sabem la provenença i estar segur que el impacte mediambiental és el mínim possible. |

En definitiva, s'haurà de dur un control sobre la convivència d'aquests tipus d'energies, sempre afavorint a les que tinguin menys impacte mediambiental.

XARXA ELÈCTRICA

El nou model energètic proposat en el projecte, idealment pretén ser independent de la utilització de les energies provinents de companyies elèctriques, ja que sabem que un percentatge del seu origen encara depèn de mètodes d'obtenció d'electricitat a partir de combustibles fòssils, que causen un impacte al medi ambient.

Però tenim l'inconvenient que la producció a nivell domèstic no té les mateixes prestacions en quant a disponibilitat i a possibilitat de satisfer els possibles pics de consum donats en certs períodes del dia.

Aleshores la idea del nou model energètic encara dependrà de les companyies elèctriques que seran les encarregades de subministrar electricitat quan ho sol·liciti la xarxa.

S'ha de considerar que demandar electricitat a la companyia serà l'últim recurs per a obtenir energia en aquest model.

XARXA LOCAL

De la xarxa local és d'on provindrà tota l'electricitat produïda pels usuaris i serà repartida segons una política de gestió. Aquesta energia se sap que prové de fonts renovables ja que es integrament generada per usuaris de la xarxa, dels que si que podem saber amb certesa que l'origen de la energia bé de fonts renovables.

El funcionament s'explica amb detall en l'apartat de nivell xarxa.

NIVELL XARXA – GESTIÓ DE DEMANDES

La part de la xarxa formada pels usuaris, és la fase més important del projecte, ja que és aquí on es produiran totes les gestions per dur a terme els intercanvis entre els usuaris i en funció de la política aplicada tindrà més èxit el repartiment.

Recordem els trets fonamentals d'aquesta xarxa.

- Topologia d'estrella.
- Els terminals són els domicilis
- Node central que gestiona totes les demandes.
- Convergència entre xarxa elèctrica i xarxa informàtica (dades).
- La companyia elèctrica és un altre node de la xarxa.



Un model de xarxa podria ser el següent

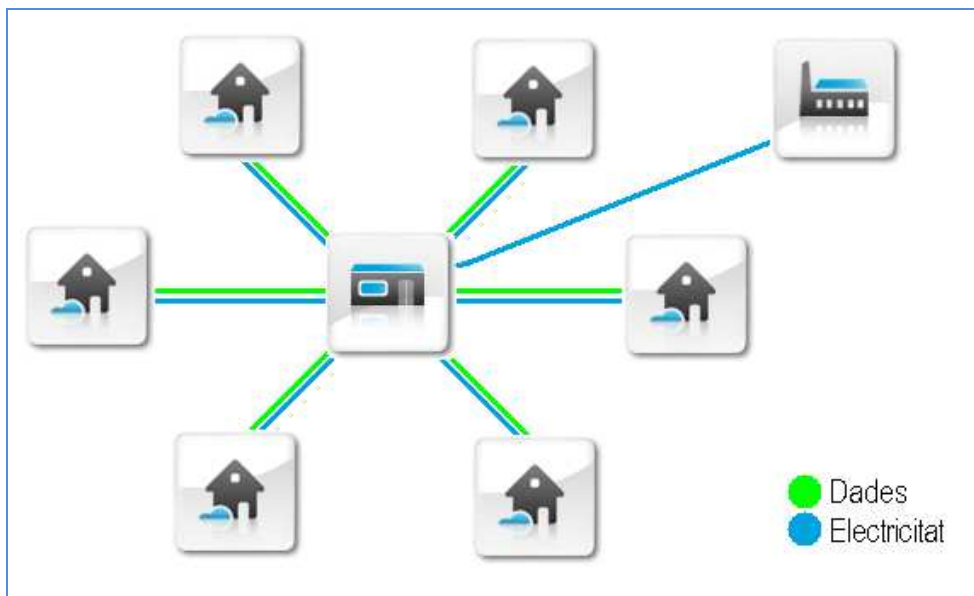


Figura 6 – Esquema d'una xarxa exemple

Per a fer les demostracions durant la resta de la memòria, considerarem una xarxa bàsica generada, amb valors d'equacions de consum i de producció escollits arbitràriament. A partir d'aquesta xarxa es faran totes les demostracions i posteriorment, es compararan els resultats.

Per veure amb més detall com està formada la xarxa, consultar l'annex 1

GESTIÓ AMB EL MODEL ENERGÈTIC BÀSIC

- Motiu:

Partim de la base en la que disposem d'un model energètic semblant a l'actual, Aquest model es basa en la compra i venda d'electricitat a una companyia elèctrica, amb la diferència, que tenim els domicilis connectats en xarxa amb topologia d'estrella, per poder dur un control, a nivell estadístic, dels consums i produccions per poder mesurar l'aprofitament de l'energia d'aquest model. El motiu de l'estudi d'aquesta gestió es la de poder fer les comparacions posteriors, i demostrar que aquest model dista molt de ser efectiu en contra dels altres presentats.

- Característiques:

Els trets fonamentals del model energètic basic són els següents:

| | |
|-------------------------------------|--|
| Domicilis aïllats | El tret principal del model bàsic és que cada domicili només es gestiona autònomament. |
| Venda directa d'excedents d'energia | Qualsevol excés de producció d'electricitat no es comparteix amb els altres usuaris de la xarxa, sinó que es ven a la companyia elèctrica directament. |
| Compra directa de dèficit d'energia | En qualsevol moment en que l'electricitat produïda no sigui suficient per abastir la demanda, s'haurà de comprar directament a la companyia elèctrica o que es doni un excés de consum d'electricitat. |

- Comprovació del model creat:

Comprovem la gestió autònoma de cada domicili de la xarxa del model creat pel projecte (Figura 7)

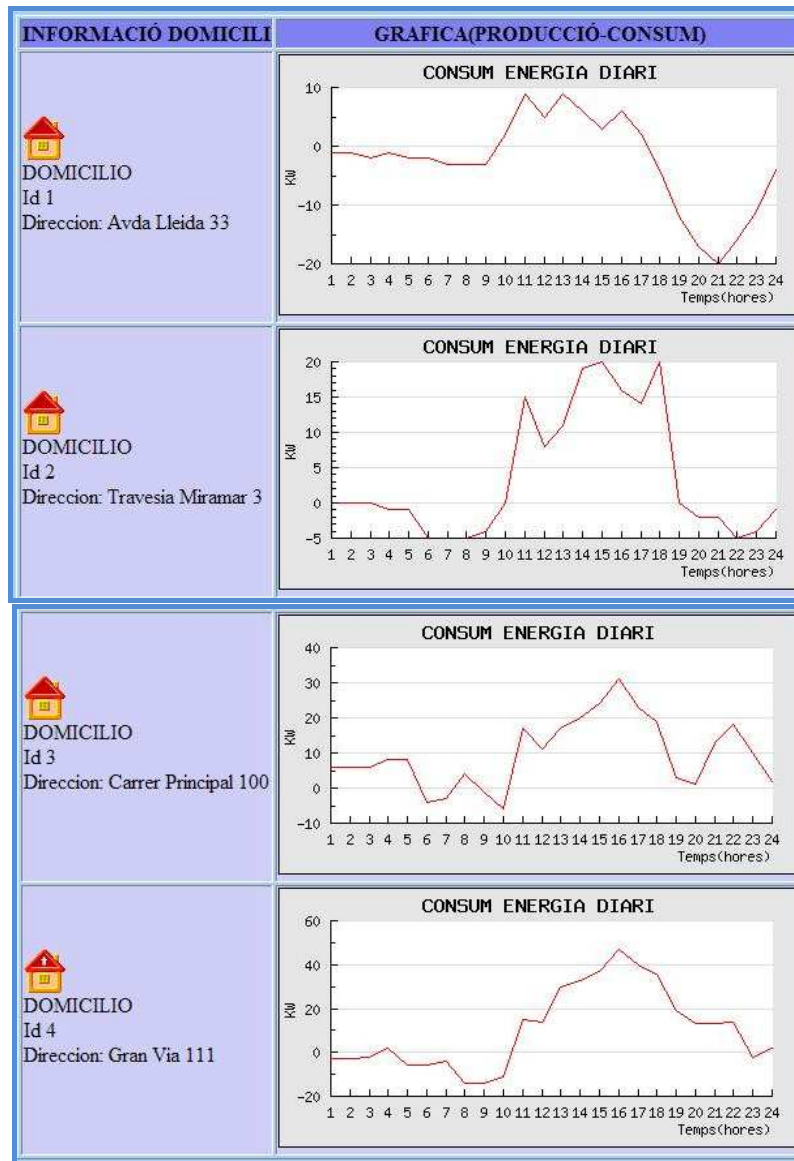


Figura 7 – Resultats obtinguts de www.energiaintelligent.com/xarxa.php

Mirant les gràfiques anteriors, es pot observar que cada domicili, es gestiona internament.

Es poden donar dos escenaris diferents:

Escenari 1: Excedent d'electricitat.

Quan el domicili genera més electricitat de la que consumeix, es produeix un excedent, que per llei, la ha de comprar la companyia elèctrica que ens subministra electricitat (p.e. veure figura 7, instant de temps 16h).

Escenari 2: Dèficit d'electricitat

En canvi, si la producció d'un moment donat no arriba a cobrir tota la demanda que té lloc en el domicili, n'haurà de comprar el dèficit directament a la companyia elèctrica (p.e. veure figura 7, instant de temps 8h).

Veiem una recopilació de les dades estadístiques d'aquest model, amb tota la xarxa creada pel projecte (Figura 8).

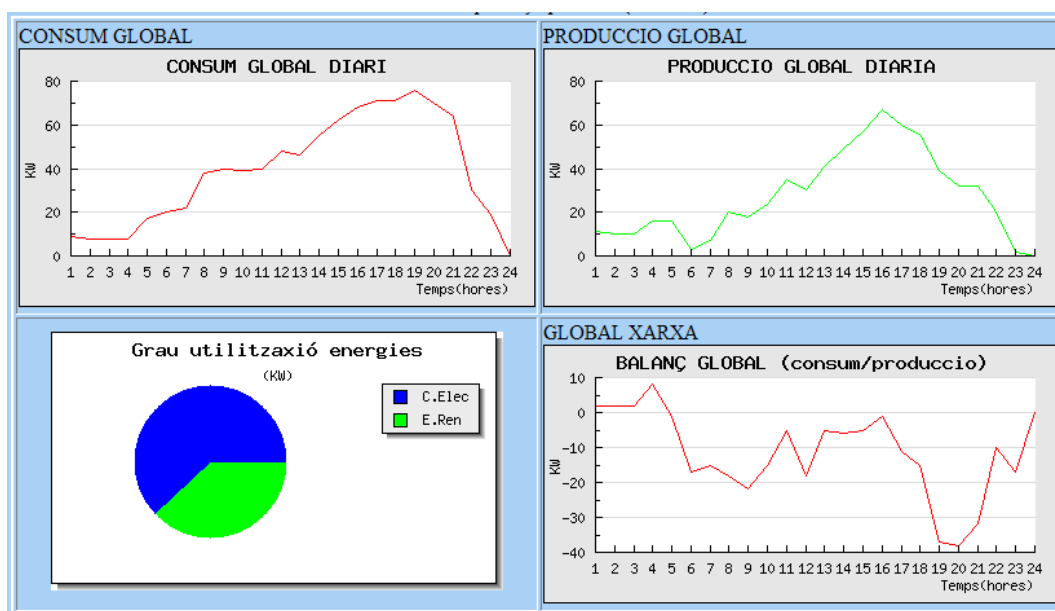


Figura 8 – Resultats obtinguts de www.energiainteligent.com/xarxa2.php

Les primeres impressions d'aquest model de xarxa es poden treure mirant les gràfiques globals de la xarxa.

Si observem la gràfica on apareix el balanç global, s'observa que quasi sempre es negatiu, es a dir, que per el nostre exemple, la suma de les demandes quasi sempre és major que la suma de

les produccions. Això ens obliga a demanar electricitat de la companyia elèctrica pràcticament en cada instant de temps.

També cal destacar la gràfica circular, on es mostra la proporció de les energies utilitzades. Es veu que més de tres quarts parts de l'electricitat ha estat comprada a la companyia elèctrica i menys d'una quarta part es la que els usuaris han produït i han utilitzat. Es un resultat lògic per aquest tipus de gestió, ja que en aquest model, la dependència de la energia subministrada per la companyia es la principal.

- Resultats

Analitzem ara els resultats obtinguts (Figura 9).

| ESTADÍSTIQUES | resultados |
|----------------------------|--------------------|
| Mitja consum diari | 38.7083333333 Kw/h |
| Mitja producció diària | 27.2916666667 Kw/h |
| Sumatori energia produïda | 655 Kw/h |
| Sumatori energia consumida | 929 Kw/h |
| Energia renovable | 35.9735973597 % |
| Companyia electrica | 64.0264026403 % |
| E. produïda aprofitada | 218 Kw |
| E.comprada | 388 Kw |
| E. venuda | 114 Kw |

Figura 9 – Resultats obtinguts de www.energiainteligent.com/xarxa2.php

Si observem les dades estadístiques recollides en la simulació de l'aplicació web del projecte trobem que en conjunt, la xarxa produeix 655KW sumant entre tots els usuaris, però una vegada gestionada observem que l'electricitat aprofitada (electricitat produïda pels usuaris de la xarxa i consumida en la xarxa) és inferior a la meitat.

Això es produeix degut a que en certs moments, en cada domicili es produeixen demandes inferiors al volum d'energia que s'està produint, aleshores, cada domicili en situacions com aquesta es veu obligat a vendre a la companyia elèctrica la diferència d'energia que li sobra.

També es produeix el cas contrari, en que la demanda és superior a la producció, en aquesta situació s'ha de comprar a la companyia elèctrica la diferència d'energia per poder satisfer la demanda.

Un cop analitzades aquestes dos situacions, mesurarem l'aprofitament de les energies.

| | Total | Aprofitada | Relació | Aprofitament (%) |
|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|------------------|
| Electricitat produïda | 655 kW/h | 218 kW/h | 218 kW/h / 655 kW/h | 33,28 % |

Si mirem la relació entre la energia total que es produeix mitjançant mètodes ecològics en global en la xarxa amb l'electricitat que és utilitzada pels mateixos usuaris productors, com a resultat s'obté un aprofitament del 33,28%.

La resta d'electricitat que no es aprofitada per l'usuari, es ven directament a la companyia elèctrica. Això suposa un benefici per l'usuari en funció del seu nivell de producció.

Veiem a continuació el balanç de compra - venda.

| | Comprada | Venuda | Diferencia |
|----------------------------|---------------|---------------|----------------|
| Companyia elèctrica | 388 kW | 114 kW | -274 kW |

En total, sumant tots els excedents, s'ha venut a la xarxa un total de 114 kW a la companyia.

En contra d'aquest benefici, s'ha de destacar que el nivell de compra d'electricitat ha estat major que no pas la venuda. Mirant aquest balanç, no s'obtidria cap benefici econòmic per la venda d'electricitat, sinó un descompte en la compra.

GESTIÓ AMB ROUND ROBIN

- **Motiu:**

El motiu principal pel qual s'ha escollit estudiar la viabilitat de la gestió amb aquest mètode és la de fer un repartiment equitatiu per tots els usuaris, donant a cada usuari la mateixa prioritat, independentment de la quantitat produïda o demandada.

- **Característiques:**

Els trets fonamentals del model energètic gestionat per round robin són els següents:

| | |
|---|--|
| Domicilis comunicats | Després de que cada domicili es gestiona internament, fa les demandes necessàries al node central de la xarxa. |
| Compartiment d'excedents d'electricitat | Qualsevol excés de producció d'electricitat es posa a disposició de la xarxa formada pels usuaris. |
| Obtenció d'electricitat dels excedents de la xarxa | En primer lloc, quan un domicili precisa d'una quantitat d'electricitat a causa d'un dèficit, s'intentarà cobrir la demanda amb la electricitat de la que disposa la xarxa en aquell precís moment, en cas que no sigui suficient, s'haurà de recórrer a la electricitat de la companyia elèctrica |

El factor més important i del qual depèn que aquest mètode sigui efectiu i ens permeti obtenir resultats millorats respecte al model energètic bàsic es escollir un valor adequat pel quantum.

Fem un recordatori sobre l'elecció del valor del quantum

| | |
|---------------------------|---|
| Quantum gran | Les demandes grans, perjudiquen a les més petites i tendeix a comportar-se com una gestió FIFO. |
| Quantum equilibrat | S'aconsegueix un repartiment equitatiu, independentment de la quantitat d'electricitat demandada. |
| Quantum petit | El canvi de context i el temps per canviar d'usuari, pot incrementar el temps de repartiment, degut al elevat numero de canvis. |

- Algorisme:

L'adaptació del mètode per Round Robin al projecte d'IEI consisteix en el següent (Figura 10):

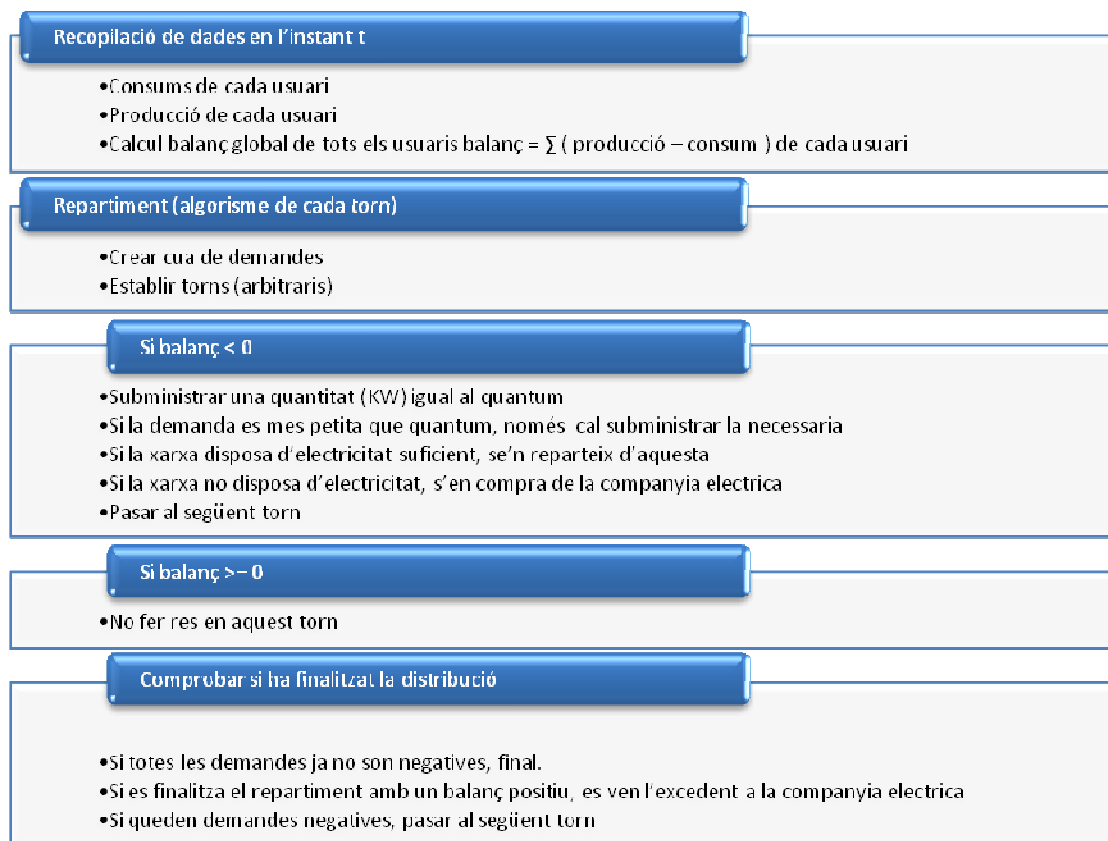


Figura 10 – Algorisme aplicat en l'aplicació www.energiainteligent.com/roundrobin.php

- Comprovació del model creat

A continuació s'analitzarà el resultat obtingut mitjançant una simulació amb l'aplicació creada pel projecte.

Veiem en primer lloc l'estructura de la cua de repartiment.

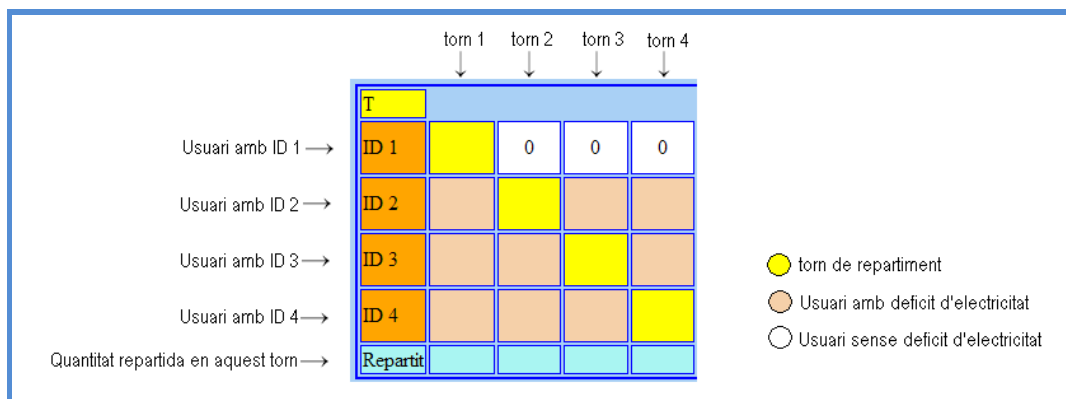


Figura 11-(Model de cua de repartiment Round

Robin)

En primer lloc, escollirem un valor pel quantum, en aquest cas, una quantitat de 3KW i ho gestionarem en un interval de 24 hores. Recordem que per la simulació estem prenent valors discrets i tan sols es gestiona cada hora.

Segons l'algorisme de l'aplicació, en primer lloc es recopila la informació enviada per cada usuari al node central, en aquest cas, s'envia la producció i el consum de cada domicili.

Una vegada rebuda aquesta informació, es calcula el balanç entre tots els usuaris de la xarxa.

Es poden donar dos escenaris diferents:

Escenari 1: No hi ha cap excedent dels usuaris

Veiem el que passa en l'instant de temps $t=5$ (Figura 12)

| | | | | | | | | | |
|----------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|---|
| T=5 | | | | | | | | | |
| ID 1 | 0-2=-2 -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ID 2 | 0-5=-5 -5 | -5 | -2 | -2 | -2 | -2 | 0 | 0 | 0 |
| ID 3 | 0-4=-4 -4 | -4 | -4 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 |
| ID 4 | 3-9=-6 -6 | -6 | -6 | -6 | -3 | -3 | -3 | -3 | 0 |
| Repartit | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 |

Figura 12- Cua de repartiment en t=5

S'observa que en la primera columna apareixen les identitats dels domicilis, aquest ordre s'ha d'escollir arbitràriament, en aquest cas, l'ordre ve donat per l'ordre en que es troben en la base de dades.

En la segona columna apareix en primer lloc una operació, aquesta operació es el càlcul de la producció menys el consum per cada domicili. Si aquest balanç dóna un numero negatiu, significa que el domicili demandarà electricitat a la xarxa, en canvi, si el resultat és positiu, aquest domicili posa a la disposició de la xarxa la seva electricitat sobrant.

A mesura que la cua va avançant, el torn va canviant d'usuari. El torn que està actiu és la cel·la amb el fons groc.

Observem el primer torn

| |
|--------------|
| 0-2=-2 -2 |
| 0-5=-5 -5 |
| 0-4=-4 -4 |
| 3-9=-6 -6 |
| 2 |

Una vegada calculats els balanços de cada usuari, es procedeix a repartir. Com que l'usuari que té el torn (cel·la amb fons de color groc), es troba en una situació de demanda, l'algorisme li assignarà una quantitat d'electricitat, aquesta quantitat ha de ser igual al valor escollit pel quantum, en aquest cas, com que la demanda es inferior al valor del quantum, no caldrà assignar integrament la quantitat del quantum, sinó només el que en precisi.

Una vegada assignat, es passa al següent torn.

En la ultima fila ve el valor en KW que s'ha repartit.

Segon torn

| |
|----|
| 0 |
| -5 |
| -4 |
| -6 |
| 3 |

Una vegada en el segon torn, si observem la primera cel·la, ja no presenta dèficit d'electricitat (quan un usuari, no te cap més demanda, la cel·la corresponent al torn queda de color blanc), per tant Quan li torni a arribar el torn, no realitzarà cap acció.

Ara es el torn del segon usuari. Com que te un dèficit de 5 KW, se li assignarà el màxim valor permès pel quantum, es a dir, 3KW, Això no cobrirà tota la demanda del usuari en aquest torn. La diferencia que li resta s'haurà d'esperar a demandar-la en els següents torns.

El valor repartit en la ultima fila és el màxim, es a dir, el valor del quantum.

Següents torns

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -2 | -2 | -2 | -2 | 0 | 0 |
| -4 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 |
| -6 | -6 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 |

Observem els següents torns com va avançant el torn i es va assignant electricitat a cada usuari en funció de la demanda.

Quan el torn arriba al darrer usuari, torna al principi i així successivament, en aquest cas concret ens podem fixar en que es respecten

tots els torns encara que no sigui necessari assignar electricitat.

L'algorisme de repartiment finalitza quant totes les demandes deixen de ser negatives.

Una vegada feta la cua de repartiment i gestionat l'instant de temps, es fa un recompte de com s'ha distribuït l'electricitat.

Analitzem les dades en global per aquest instant de temps. (Figura 13)

| | |
|---|-------|
| Balanç d'electricitat entre els domicilis | -17KW |
| Total repartit | 17KW |
| Electricitat comprada a la companyia | 17 KW |
| Electricitat venuda a la companyia | 0 KW |

Figura 13 – Taula estadística en t=5

El balanç entre tots els usuaris pot donar un valor positiu o negatiu, depèn del sumatori de consums i produccions. El total repartit és la suma dels valors de quantum que s'han anat assignant al llarg de la cua de demandes, i per últim es comprova si amb la electricitat que disposava la xarxa en aquell instant de temps ha sigut suficient per fer el repartiment i s'indica si s'ha hagut de comprar més electricitat degut a que la demanda era superior o per el contrari si després del repartiment, n'ha sobrat electricitat i per tant s'ha venut a la companyia elèctrica.

En un cas com aquest, la gestió s'encarregarà de fer pagar a cada usuari la quantitat que hagi consumit i que s'ha hagut de demanar a la companyia. També a l'hora de vendre els excedents el benefici s'assignarà proporcionalment als usuaris que l'han produït.

Escenari 2: Es produeix excedent d'algun usuari

Veiem ara l'instant de temps $t=17h$ (Figura 14).

| T=17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| ID 1 | 16- 20=-4 -4 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ID 2 | 15- 11=4 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| ID 3 | 8-20=- 12 -12 | -12 | -12 | -9 | -9 | -9 | -9 | -6 | -6 | -6 | -6 | -3 | -3 | -3 | -3 | 0 |
| ID 4 | 17- 20=-3 -3 | -3 | -3 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Repartit | 3 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |

Figura 14- Cua de repartiment en $t=17$

| | |
|---|-------|
| Balanç d'electricitat entre els domicilis | -15KW |
| Total repartit | 19KW |
| Electricitat comprada a la companyia | 15 KW |
| Electricitat venuda a la companyia | 0 KW |

Figura 15- Taula estadística en $t=17$

- Resultats

Si mirem les cues i les taules anteriors, observem que entre tots els domicilis, es poden donar o no excedents d'electricitat, en cas que es donin, sempre es començarà a repartir aquest

excedent generat en la xarxa fins que s'esgoti, si les demandes superen aquesta quantitat, s'haurà de comprar a la companyia elèctrica la diferència fins a satisfer les demandes.

Això demostra l'objectiu del projecte, ja que amb aquesta planificació, s'aconsegueix aprofitar en la majoria dels casos el 100% l'energia produïda pels usuaris, la qual si que en sabem la provenença i tenim la total seguretat de que provenen de fonts d'energia renovables.

En el cas que es necessiti electricitat de la companyia elèctrica sempre serà degut a que la electricitat que prové de la xarxa ja s'ha esgotat repartint-la entre els usuaris.

| TAULA RESUM | | |
|--|------|--------|
| Balanç d'electricitat entre TOTS els domicilis | 24 h | -279KW |
| TOTAL Electricitat comprada | 24 h | 291 KW |
| TOTAL Electricitat venuda | 24 h | 6 KW |

FIGURA 16 – TAULA RESUM

GESTIÓ AMB SJF

Aquesta planificació es fonamenta en que es dóna prioritat a les demandes més baixes a l'hora de ser repartida l'electricitat.

- **Motiu**

El motiu principal pel que s'ha escollit aquesta gestió es degut a que pot ser una bona idea incentivar als consumidors que més electricitat produeixen i a l'hora en consumeixen menys, donant-li prioritat a l'hora de fer el repartiment i així tenir menys probabilitat d'haver de pagar el preu d'obtenir el dèficit demanat mitjançant la companyia elèctrica.

Un altre motiu pel que s'ha inclòs aquesta planificació per estudiar-la en el projecte és perquè a diferència del planificador de recursos de CPU, en el que es pot fer una estimació de la durada en temps de l'execució del procés, en l'àmbit del model creat pel projecte tenim els valors de les demandes calculades a priori, i per tant, es pot aprofitar aquest fet per crear una cua de peticions assignant l'ordre en funció de la demanda.

- **Característiques**

Els trets fonamentals del model energètic gestionat per SJF són els següents:

| | |
|---|--|
| Domicilis comunicats | Després de que cada domicili es gestiona internament, fa les demandes necessàries al node central de la xarxa. |
| Compartiment d'excedents d'electricitat | Com la gestió anterior, els excessos de producció d'electricitat es posa a disposició de la xarxa formada pels usuaris. |
| Obtenció d'electricitat dels excedents de la xarxa | En primer lloc, quan un domicili precisa d'una quantitat d'electricitat a causa d'un dèficit, s'intentarà cobrir la demanda amb l'electricitat de la que disposa la xarxa en aquell precís moment, en cas que no sigui suficient, s'haurà de recórrer a l'electricitat de la companyia elèctrica |

- Algorisme

Recopilació de dades en l'instant t

- Consums de cada usuari
- Producció de cada usuari
- Càlcul balanç global de tots els usuaris $\text{balanç} = \sum (\text{producció} - \text{consum})$ de cada usuari

Repartiment (per cada instant de temps)

- Càlcul de l'ordre dels torns (de demandes menors a majors)

Per cada torn

- Subministrar la quantitat de la demanda
- Si la xarxa disposa d'electricitat suficient, se'n reparteix d'aquesta
- Si la xarxa no disposa d'electricitat, s'en compra de la companyia elèctrica i el cost d'aquesta s'en farà càrrec el demandant
- Pasar al següent torn
- Si s'han acabat els torns de demanda, finalitzar el repartiment

- Comprovació del model creat

Realitzem la simulació a través de la web que conté l'aplicació creada pel projecte ubicada en www.energiaintelligent.com/short.php

La simulació es realitza sobre un interval de 24 hores, com les anteriors, per tal de poder fer les comparacions pertinents en el apartat de resultats, a continuació es presenten dos possibles escenaris amb matisos diferents.

Escenari 1 – La xarxa té subministres per poder repartir en aquest instant.

Seguirem l'algorisme anterior i veiem que passa en l'instant de temps 1h.

En primer lloc, es calcula el balanç de cada usuari, obtenint els consums i produccions d'aquest instant de temps (Figura 17).

-Instant de temps 1 h-

USUARI

| Usuari | Consum | Producció | Balanç |
|--------|--------|-----------|--------|
| ID 0 | 1 kW | 0 kW | -1 kW |
| ID 1 | 0 kW | 0 kW | 0 kW |
| ID 2 | 4 kW | 10 kW | 6 kW |
| ID 3 | 3 kW | 0 kW | -3 kW |

Figura 17 – Taula amb balanç d'electricitat en t=1h

Un cop calculats tots els balanços s'ha de calcular l'ordre dels torns abans de començar a fer la distribució. Una vegada que es coneix l'ordre es crea la cua de peticions (Figura 18). Observem que només s'han afegit a la cua les demandes en negatiu, les que tenen un valor positiu o bé zero, no s'afegirien a la cua.

S'ha de crear una cua de peticions

| | |
|---|---|
| 1 | 3 |
|---|---|

Figura 18 – Cua de peticions (en kW) en l'instant t=1h

Una vegada creada la cua de peticions, es va repartint en l'ordre establert, ara s'ha de tenir en compte que si la xarxa disposa d'excés d'electricitat, per anar adjudicant la quantitat d'electricitat a l'usuari corresponent. En cas que l'electricitat acumulada en aquell moment no sigui suficient per suplir la demanda, se n'haurà de comprar a la companyia elèctrica.

Per tant es procedeix a fer el repartiment depenent de l'ordre de la cua de peticions, els primers, que són els que fan una demanda amb una quantitat menor, seran els primers en rebre'n. Aniran rebent fins que s'esgoti la reserva de la xarxa, aquests no n'hauran de pagar el seu consum. Una vegada esgotada aquesta reserva, es continua fent el repartiment, però, els hi correspondrà pagar la quantitat assignada, ja que són els últims segons les prioritats que estableix aquest mètode (Figura 19).

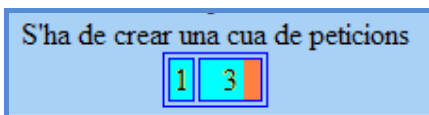


Figura 19, En color blau, les demandes provinents de la xarxa, en taronja les de la companyia elèctrica

Per últim, veiem un recompte de les dades d'aquest instant de temps, veiem que d'hem aprofitat tota la que han produït els domicilis pel seu compte, i només se'n ha hagut de comprar a la companyia elèctrica la diferència del sumatori de produccions menys el sumatori de consums

| Taula resum | |
|--------------------------------|------|
| Tamany de la cua de peticions: | 4 kW |
| Comprada | No |
| Venuda | 2 kW |

Figura 20 – Taula resum en l'instant t=1 h

Escenari 2 – La xarxa no té subministres i n'ha de comprar a la companyia elèctrica.

Veiem ara un altre instant de temps en la mateixa simulació (5h) (Figures 21,22 i 23).

| -Instant de temps 5 h- | | | |
|------------------------|--------|-----------|--------|
| USUARI | | | |
| Usuari | Consum | Producció | Balanç |
| ID 0 | 2 kW | 0 kW | -2 kW |
| ID 1 | 5 kW | 0 kW | -5 kW |
| ID 2 | 4 kW | 0 kW | -4 kW |
| ID 3 | 9 kW | 3 kW | -6 kW |

Figura 21 – Taula amb balanç d'electricitat en t=5h

| Cua de peticions: | | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| S'ha de crear una cua de peticions | | | |
| 2 | 4 | 5 | 6 |

Figura 22 – Cua de peticions (en kW) en l'instant t=5h

En aquest cas tota l'electricitat haurà de ser comprada a la companyia degut a que tots els usuaris n'estan demandant.

Quan es produeixi aquest fenomen, la política SFJ queda com un esforç inútil, ja que encara que s'ordenin les demandes, se'n hauran de satisfer totes, independentment del ordre.

| Taula resum | |
|--------------------------------|-------|
| Tamany de la cua de peticions: | 17 kW |
| Comprada | 17 kW |
| Venuda | No |

Figura 23 – Taula resum en temps=5h

A cada usuari se l'hi haurà de fer pagar la corresponent demanda que ha sol·licitat, ja que en aquest cas no s'ha pogut satisfer amb l'electricitat de la xarxa.

- Resultats

Fent un recull dels resultats del model de xarxa que s'ha creat simulació obtenim els següents valors (Figura 24)

| ESTADISTIQUES TOTALS Taula resum | |
|----------------------------------|---------|
| TOTAL Comprada | 293 kW |
| TOTAL Venuda | 14 kW |
| TOTAL | -279 kW |

Figura 14 – Estadístiques de la simulació de la xarxa model

COMPARACIÓ DELS MODELS

En aquest apartat procedirem a comparar els models que s'han estudiat anteriorment, la finalitat d'aquesta comparació es la de concloure quin d'aquests models pot resultar més útil per defensar la idea de l'intercanvi d'energia intel·ligent.

Per comparar els models s'establiran uns criteris per tal de poder-los mesurar i comparar analíticament. Aquests criteris són:

| | |
|------------------------------------|--|
| Electricitat comprada (kW) | Sumatori d'electricitat comprada a la companyia elèctrica per tots els usuaris durant 24h |
| Electricitat venuda (kW) | Sumatori d'electricitat venuda a la companyia elèctrica per tots els usuaris durant 24h |
| Electricitat aprofitada (%) | Percentatge de l'electricitat produïda pels usuaris i que és utilitzada en la xarxa. |

Abans de començar amb les comparacions, la primera dada que cal tenir en compte és la següent, el model que s'ha creat per fer la demostració de les diferents gestions produeix i consumeix les següents quantitats.

| | |
|--|---|
| Sumatori de la electricitat produïda en 24h | Sumatori de la electricitat consumida en 24h |
| 655 kW | 929 kW |

D'entrada, s'observa que la demanda total de la xarxa supera a la producció, aquest model s'ha creat a propòsit amb aquesta condició degut a que es vol que resulti un model creïble en aquest aspecte, independentment de les quantitats de les mesures.

Aleshores podem deduir que un model ideal, seria en el que només se n'hauria de comprar l'electricitat necessària per suplir la demanda, es a dir:

| | |
|---|---|
| Demanda = Produïda – Consumida | Electricitat que caldria per suplir la demanda |
| 655 – 929 = 274kW | 274 kW |

Observem quina ha estat l'electricitat que s'ha hagut de comprar en cada gestió del model i prendrem com a referència el valor obtingut anteriorment com el cas ideal.

| | Model basic | Round Robin (Q=3) | SJF |
|------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Electricitat comprada | 388 kW | 291 kW | 293 kW |
| % | + 41,6 % | + 6,2 % | + 6,9 % |

En tots tres cassos se'n haurà de comprar a la companyia elèctrica la quantitat que falti per mantenir la xarxa d'usuaris, però existeix una gran diferencia entre el model sense gestionar (model basic) i els altres dos (RR i SJF). En el model basic s'ha de comprar molta més electricitat a la companyia elèctrica que no pas en els altres. En aquest apartat, ja es demostra que l'aplicació de qualsevol de les dues gestions resultarà beneficiosa en quant a estalviar en la compra d'electricitat.

Una altra de les finalitats a l'hora de fer un repartiment de forma intel·ligent, és la de treure'n el màxim profit a la electricitat que produeix la pròpia xarxa i que aquesta sigui utilitzada en la mateixa xarxa.

Veiem el grau d'aprofitament de la electricitat produïda en cada cas.

| | Model basic | Round Robin (Q=3) | SJF |
|---|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Aprofitada=Produïda - Venuda | 655 – 114 = 541 kW | 655 – 6 = 649 kW | 655 – 14 = 641 kW |
| Percentatge aprofitada | 82,5 % | 99,1 % | 97,8 % |

Unitats en kW

Observem que el model basic té un grau d'aprofitament de la energia produïda força alt (82,5%), però el models gestionats tenen un grau d'aprofitament molt proper al 100%, això vol dir que qualsevol de les dos gestions proposades aconseguir un grau d'aprofitament molt alt, i això demostra un altre dels objectius que defensa la idea del projecte.

RESUM

| | Model basic | Round Robin (Q=3) | SJF |
|---------------|-------------|----------------------|-------------|
| E. Comprada | 388 | 291 | 293 |
| E. Venuda | 114 | 6 | 14 |
| E. Aprofitada | 541 (82,5%) | 391 (99,1%) | 641 (97,8%) |

Per tant podem extreure'n diverses conclusions fent les comparacions.

Una de les conclusions es que a nivell teòric, queda demostrat que el model proposat pel projecte es pot gestionar amb els algorismes de planificació de processos adaptats per el projecte, i que la diferència d'aplicar o no aquestes planificacions marca la diferencia entre el grau d'aprofitament dels recursos.

Una qüestió que s'hauria de debatre es la de l'elecció de la gestió que es vol utilitzar pel model, ja que s'ha demostrat que tant la gestió que pretén ser més equitativa (round robin) com la de donar prioritat a les demandes mínimes (SJF) són bones gestions i compleixen satisfactòriament els objectius d'aprofitar en un alt grau els recursos. L'elecció d'un dels mètodes quedaria pendent del estudi de diferents xarxes en funcionament i treure'n conclusió de quina pot resultar més profitosa pels usuaris.

4. CONCLUSIONS

La principal conclusió que es treu a partir de les simulacions realitzades sobre el model energètic d'auto abastiment d'habitatges disposats en forma de xarxa és que pot ser viable tècnicament, s'ha demostrat que la xarxa formada per diferents domicilis que generen la seva pròpia electricitat mitjançant fonts d'energia renovables es pot gestionar amb polítiques de distribució de processos adaptant-los conceptualment a les necessitats de la xarxa on convergeixen informació i electricitat. Aconsegueix adaptar la demanda a la oferta i n'optimitza l'aprofitament dels recursos gracies a les gestions de distribució aplicades.

Un altre punt important és que és factible extrapolar la gestió de processos i els seus algorismes al cas concret del intercanvi d'energia intel·ligent. S'ha hagut d'escollir entre diverses gestions que existeixen pels processos i intentar passar-les a l'àmbit del projecte. Això no ha sigut possible amb segons quina planificació, però amb les que s'han adaptat per fer l'estudi ja han sigut suficient per veure que es poden tenir uns bons resultats.

Un dels inconvenients d'aquest estudi es que els càlculs que s'han realitzat, s'han obtingut de valors presentats en forma discreta i no continua. D'altra banda, aquest fet no té cap influència sobre la gestió de recursos i per tant sobre els resultats.

Com a línies de treball futur es pot considerar realitzar un estudi del mateix model proposat però prenent mesures de forma continua.



Com a conclusió personal, crec que seria bona idea canviar el rol que tenen els consumidors finals, que estan esperant que el mercat s'adapti a les energies renovables sense cap mena de participació en aquest aspecte, aplicant la filosofia de divideix i venceràs que implica resoldre un problema difícil, dividint-ho en parts més simples tantes vegades com sigui necessari, fins que la resolució de les parts es torna òbvia, així el que pensem que és una tasca de la companyia elèctrica a la qual depenem directament, pot passar a fer-se en petites comunitats de veïns, barris, campus universitaris, etc. obtenint un benefici ambiental molt important.

5. BIBLIOGRAFIA

- Stallings, William. Sistemas operativos. Penitence Hall. 1997
- Dr. Morales Barroso, Jose i Dr. Gomez Moreno, Angel. La red inteligente: Ahorro energetico y telecomunicaciones. Editorial L&M Data comunicatios. 2006
- VV.AA. Anales de mecanica y electricidad. Madrid 1983
- Colegio oficial de fisicos. Cambio climático: Hacia un nuevo model energetico. Colegio oficial de fisicos.
- Rafael Mendez.” La eólica supera por primera vez la mitad de la producción eléctrica”. 1/3/2010
www.elpais.com 9/11/2009
- Manual de PHP. 1/3/2010.< <http://www.webestilo.com/php/> >
- PHP.net. 1/3/2010. < <http://php.net/index.php> >
- Manual php y html. 1/3/2010. <<http://www.lawebdelprogramador.com/>>
- Algoritmos de planificación. 1/11/2009<
<http://wwwdi.ujaen.es/~lina/TemasSO/PLANIFICACIONDEPROCESOS/6AlgoritmosdePlanificaci onl.htm>>
- Gestió de processos 1/11/2009
<http://ca.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3_de_processos>
- Venta de electricidad. 1/3/2010 http://www.solclima.com/instalaciones_conect_red.html
- Pedro Barbadillo. “Baix en carboni”, Sense ficció, TV3. Octubre 2009 <
<http://www.tv3.cat/videos/1569109/Baix-en-carboni>>

6. ANNEX 1

MODEL DE XARXA CREAT PEL PROJECTE

www.energiaintelligent.com

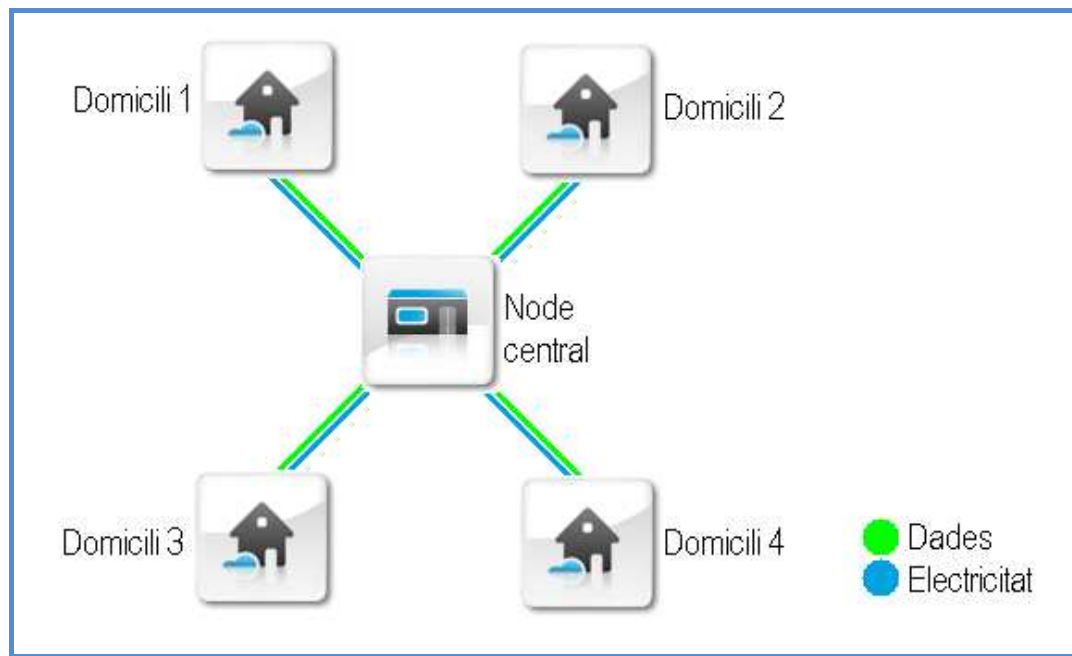
A continuació es mostra amb més detall la xarxa creada en la base de dades per poder realitzar les comprovacions de les diverses gestions del model d'intercanvi d'energia intel·ligent.

Cal remarcar que la xarxa creada, no pretén ser una representació fidel de cap comunitat ni representa cap perfil de consumidor energètic. Tan sols s'han inclòs diferents situacions combinant demandes i excessos en diferents moments per tal de veure el comportament.

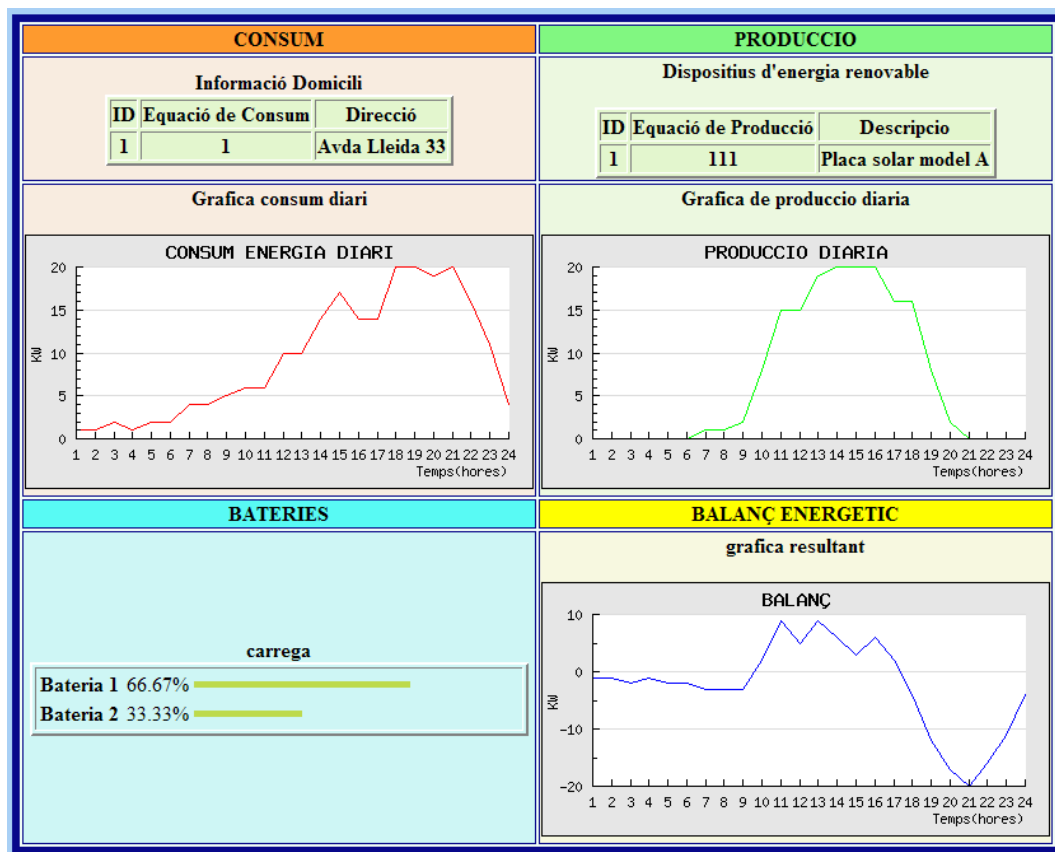
També recordar que els valors amb que tracta la base de dades, son valors discrets i no continus, amb la finalitat de facilitar l'estudi del comportament de la xarxa, ja que pretén demostrar l'eficiència d'unes polítiques de gestió i no la representació exacte d'un model.

La xarxa consta de 4 domicilis i un node central.

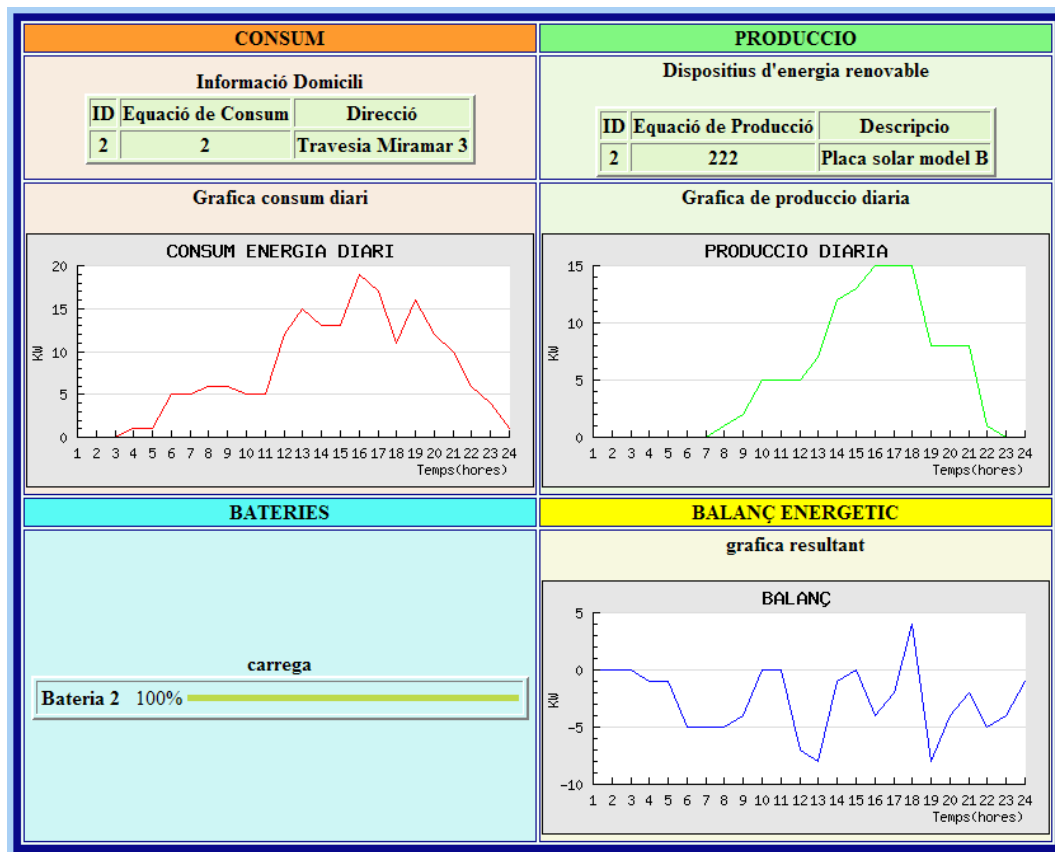




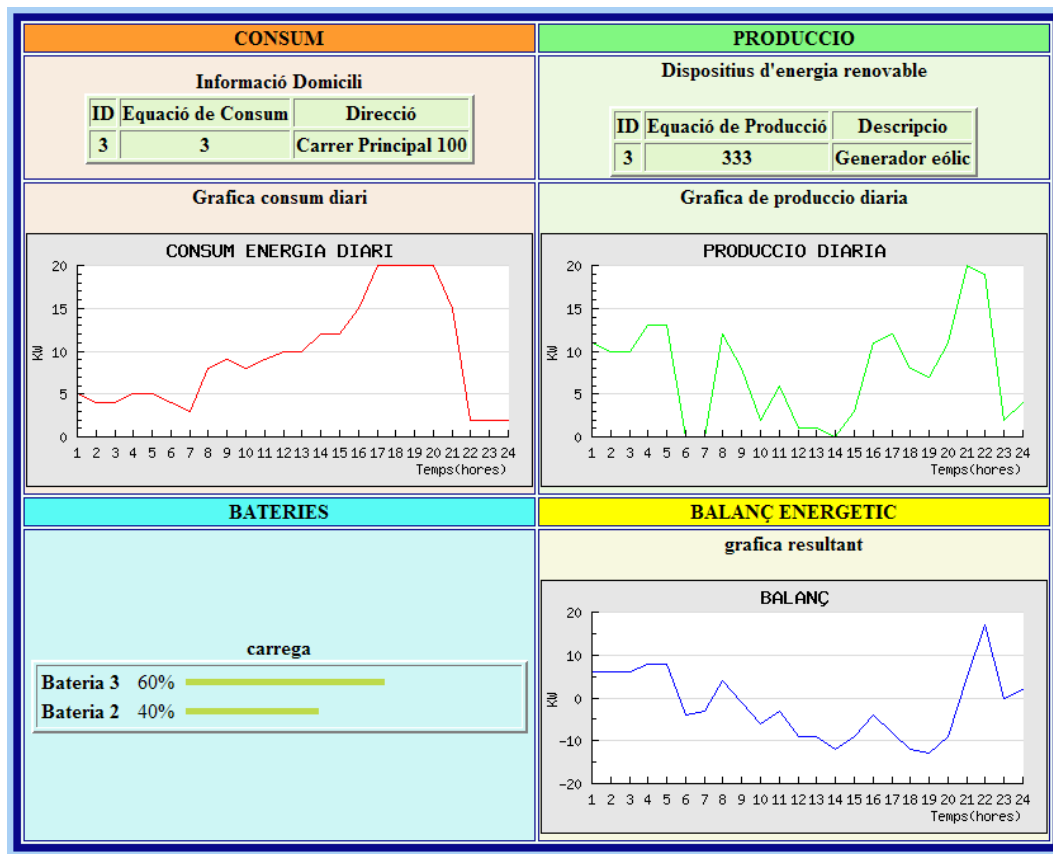
Domicili 1



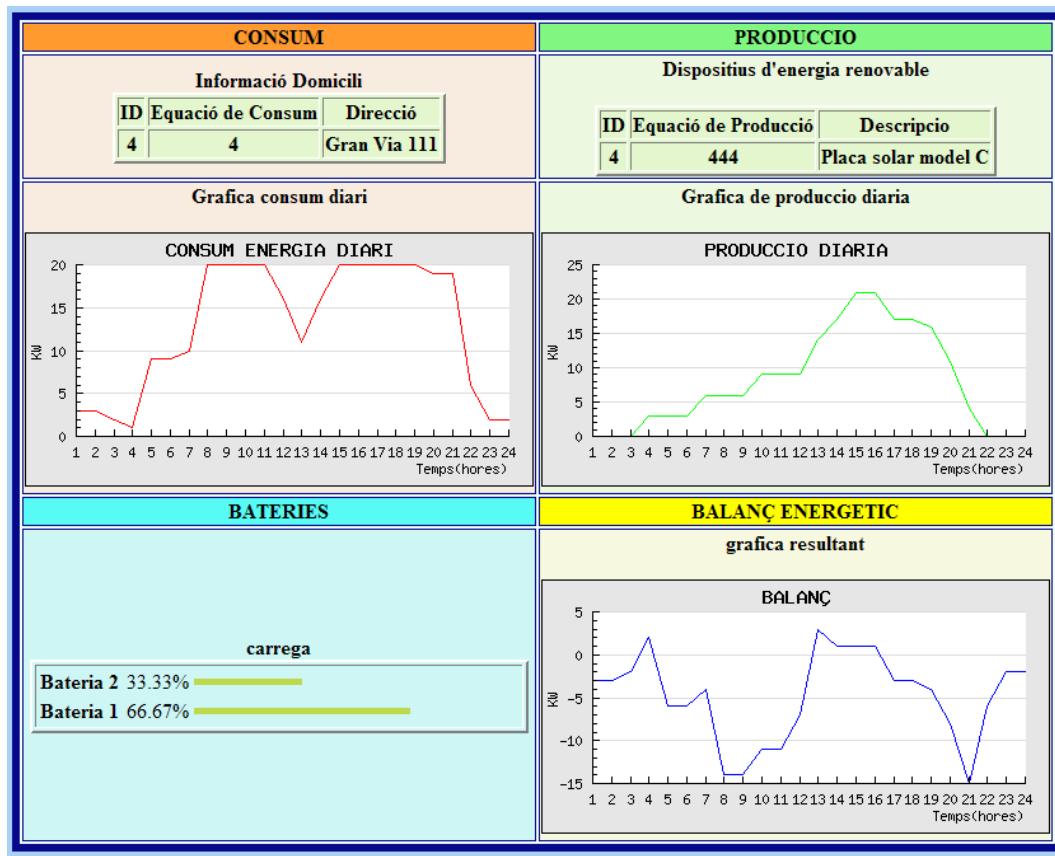
- Domicili 2



- Domicili 3

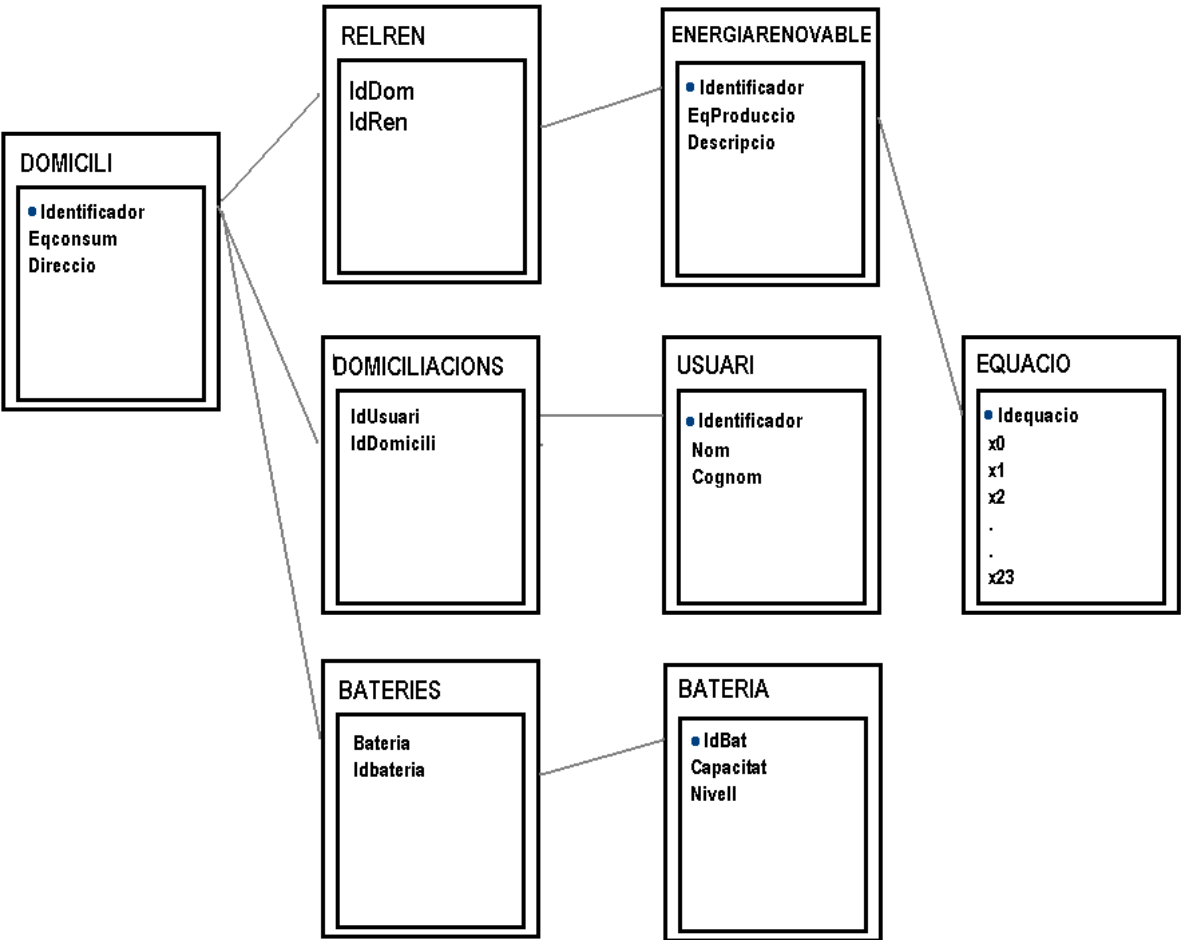


- Domicili 4



7. ANNEX 2

BASE DE DADES



Cristian González
Delgado
Juny de 2010



Intercanvi d'Energia Intel·ligent

El projecte d'intercanvi d'energia intel·ligent defensa la idea de que és possible un nou model energètic. Aquest nou model pretén aprofitar al màxim possible els recursos energètics que provenen de fonts d'energies renovables i consisteix en la integració de xarxa elèctrica i telecomunicacions en la que usuaris són consumidors i a l'hora productors d'energia elèctrica mitjançant els seus propis sistemes de generació basats en energies renovables, amb la finalitat d'adaptar la demanda a l'oferta.

El projecte desenvolupa la part que s'encarrega de fer aquesta gestió de repartiment i intercanvi d'electricitat entre els usuaris, utilitzant les polítiques de gestió de processos per una CPU. Per això s'ha fet una adaptació dels algorismes que utilitzen els sistemes operatius a l'àmbit de la xarxa d'intercanvi.

Per comprovar els resultats d'aquest estudi, s'han fet les simulacions del model proposat en un entorn web (www.energiainteligent.com) per tal de poder fer un anàlisi del resultats.

Intercambio de energía inteligente

El proyecto de intercambio de energía inteligente defiende la idea de la posibilidad de un nuevo modelo energético. Este nuevo modelo pretende aprovechar al máximo los recursos energéticos que provienen de fuentes de energías renovables i consiste en la integración de red eléctrica i telecomunicaciones en la que los usuarios son consumidores i productores de electricidad mediante sus propios sistemas de generación basados en energías renovables, con la finalidad de adaptar la demanda a la oferta.

El proyecto desarrolla la parte que se encarga de hacer la gestión de reparto e intercambio de electricidad entre los usuarios, utilizando las políticas de gestión de procesos para CPU. Por eso se han adaptado los algoritmos que utilizan los sistemas operativos al ámbito de la red de intercambio.

Para comprobar los resultados de este estudio, se han hecho simulaciones del modelo propuesto en un entorno web (www.energiainteligent.com) con el fin de analizar los resultados.

Intelligent energy interchange

The intelligent interchange project defends the idea of the possibility of a new energetic model. This new model, tries to take the maximum useful of the renewable energetic sources, it consists in integration of the electrical net and telecommunications, of that the users are consumers and producers basing on renewable sources.

The project develops the part that entrusts the management of allotment and interchange of electricity between the users, using political of the management for CPU. Because of they have adapted the algorithms that use the operative systems to the area of the net interchange.

To verify the results of this study, I have done to themselves simulations of the proposed model in a web environment (www.energiainteligent.com) to analyze the results.